



①⑨ **BUNDESREPUBLIK  
DEUTSCHLAND**



**DEUTSCHES  
PATENT- UND  
MARKENAMT**

⑫ **Offenl gungsschrift**  
⑩ **DE 198 59 458 A 1**

⑤① Int. Cl.<sup>6</sup>:  
**F 16 H 3/08**

⑦① Aktenzeichen: 198 59 458.5  
⑦② Anmeldetag: 22. 12. 98  
⑦③ Offenlegungstag: 24. 6. 99

**DE 198 59 458 A 1**

⑥⑥ Innere Priorität:  
197 57 557. 9 23. 12. 97

⑦① Anmelder:  
LuK Getriebe-Systeme GmbH, 77815 Bühl, DE

⑦② Erfinder:  
Reik, Wolfgang, Dr., 77815 Bühl, DE; Berger,  
Reinhard, Dr., 77815 Bühl, DE; Hirt, Gunter, 77839  
Lichtenau, DE; Brandt, Martin, 77815 Bühl, DE

**Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen**

- ⑤④ Getriebe  
⑤⑦ Die Erfindung betrifft ein Getriebe insbesondere für  
Kraftfahrzeuge.

**DE 198 59 458 A 1**

## Beschreibung

Die Erfindung betrifft ein Getriebe, wie Zahnradwechselgetriebe, mit zumindest zwei Wellen, wie einer Eingangs-  
 5 welle, einer Ausgangswelle und gegebenenfalls einer Vorgelegewelle, mit einer Mehrzahl von Zahnradpaaren, mit mit-  
 fest angeordneten Zahnradern, wie Gangradern, mit einer eingangsseitig angeordneten schaltbaren Anfahrkupplung.

Solche Getriebe sind in Kraftfahrzeugen allgemein bekannt. Sie weisen den Nachteil auf, daß sie nicht lastschaltfähig  
 sind, das heißt, daß es jeweils eine Zugkraftunterbrechung bei einem Schaltvorgang zum Ändern der Getriebeüberset-  
 zung gibt.

- 10 Aufgabe der Erfindung ist es, ein Getriebe der oben genannten Art zu schaffen, das lastschaltfähig ist und gleichzeitig  
 von den verwendeten Bauelementen einfach aufgebaut ist.

Dies wird erfindungsgemäß dadurch erreicht, daß zumindest eine der Kupplungen als Kupplung mit höherem über-  
 tragbarem Drehmoment, wie Lastschaltkupplung, ausgebildet ist und die Anfahrkupplung und die Lastschaltkupplung  
 zumindest von einer Betätigungseinheit betätigbar sind.

- 15 Dabei kann es zweckmäßig sein, wenn die Lastschaltkupplung dann einrückbar ist, wenn die Anfahrkupplung zumin-  
 dest teilweise eingerückt ist.

Ebenfalls ist es zweckmäßig, wenn die Lastschaltkupplung dann einrückbar ist, wenn die Anfahrkupplung bereits ein-  
 gerückt ist. Ein rücken heißt in diesem Zusammenhang, daß das von der Kupplung übertragbare Drehmoment erhöht  
 wird.

- 20 Vorteilhaft ist es, wenn zumindest ein Losrad mittels einer ersten Kupplung und/oder einer Lastschaltkupplung mit ei-  
 ner Welle verbindbar ist.

Weiterhin ist es zweckmäßig, wenn zwei der Losräder mittels einer ersten Kupplung und/oder einer Lastschaltkupp-  
 lung mit einer Welle verbindbar sind.

- 25 Ebenso ist es zweckmäßig, wenn das Losrad des höchsten Ganges mit einer Kupplung und/oder einer Lastschaltkupp-  
 lung mit einer Welle verbindbar sind.

Auch ist es bei einem weiteren Ausführungsbeispiel vorteilhaft, wenn die Kupplung zur Verbindung zumindest eines  
 Losrades mit einer Welle eine formschlüssige Kupplung ist.

Zweckmäßig ist es auch, wenn die Kupplung zur Verbindung zumindest eines Losrades mit einer Welle eine reib-  
 schlüssige Kupplung ist.

- 30 Weiterhin ist es vorteilhaft, wenn die Kupplung zur Verbindung zumindest eines Losrades mit einer Welle eine zwi-  
 schen geschaltete Synchronisiereneinrichtung aufweist.

Auch ist es zweckmäßig, wenn die Lastschaltkupplung eine reibschlüssige Kupplung ist. Besonders zweckmäßig ist  
 es, wenn die Anfahrkupplung eine reibschlüssige Kupplung ist.

Vorteilhaft ist, wenn die Anfahrkupplung in einem Raumbereich einer Kupplungsglocke angeordnet ist.

- 35 Auch ist es zweckmäßig, wenn zumindest eine Lastschaltkupplung in einem Raumbereich einer Kupplungsglocke an-  
 geordnet ist.

Weiterhin ist es zweckmäßig, wenn die Anfahrkupplung und zumindest eine Lastschaltkupplung eine Trockenrei-  
 bungskupplung ist.

Ebenfalls ist es zweckmäßig, wenn die Anfahrkupplung innerhalb des Getriebegehäuses angeordnet ist.

- 40 Auch ist es zweckmäßig, wenn zumindest eine Lastschaltkupplung innerhalb des Getriebegehäuses angeordnet ist.

Auch ist es vorteilhaft, wenn die Anfahrkupplung und/oder zumindest eine Lastschaltkupplung eine Reibungskupp-  
 lung ist.

Weiterhin ist es vorteilhaft, wenn die Anfahrkupplung ein hydrodynamischer Drehmomentwandler mit/ohne Wandler-  
 überbrückungskupplung ist.

- 45 In einem weiteren Ausführungsbeispiel ist es zweckmäßig, wenn der Betätigungsaktor zur Betätigung von Anfahr-  
 kupplung und zumindest einer Lastschaltkupplung ein druckmittelbetätigter Aktor mit einer Druckmittelversorgung und  
 zumindest einem Ventil ist, das die Druckmittelzuführung zu jeweils einem Nehmerzylinder an den beiden Kupplungen  
 steuert.

Nach einem weiteren erfindungsgemäßen Gedanken ist es zweckmäßig, wenn der Betätigungsaktor zur Betätigung  
 50 von Anfahrkupplung und zumindest einer Lastschaltkupplung ein elektromotorisch angetriebener Aktor gegebenenfalls  
 mit einem einem Elektromotor oder Elektromagnet nachgeschalteten Übersetzungs- oder Untersetzungsgetriebe ist.

Nach einem weiteren erfindungsgemäßen Gedanken ist es zweckmäßig, wenn der Betätigungsaktor zur Betätigung  
 von Kupplungen zum Gangwechsel ein druckmittelbetätigter Aktor mit einer Druckmittelversorgung und zumindest ei-  
 nem Ventil ist, das die Druckmittelzuführung zu jeweils einem Nehmerzylinder an den Kupplungen steuert.

- 55 Nach einem weiteren erfindungsgemäßen Gedanken ist es zweckmäßig, wenn der Betätigungsaktor zur Betätigung  
 von Kupplungen elektromotorisch angetriebener Aktor gegebenenfalls mit einem einem Elektromotor oder Elektroma-  
 gnet nachgeschalteten Übersetzungs- oder Untersetzungsgetriebe ist.

Nach einem weiteren erfindungsgemäßen Gedanken ist es zweckmäßig, wenn das Getriebe eine Elektromaschine auf-  
 weist, die als Starter des Antriebsmotors des Fahrzeuges und/oder als Generator zur Erzeugung elektrischer Energie aus  
 60 kinetischer Energie und dessen Rückführung dient.

Vorteilhaft ist, wenn die elektrische Maschine über ein Gangrad des Getriebes antreibbar ist oder dieses antreibt.

Nach einem weiteren erfindungsgemäßen Gedanken ist es zweckmäßig, wenn die elektrische Maschine über ein  
 Schwungrad des Fahrzeugantriebsmotors antreibbar ist oder diesen antreibt.

- 65 Nach einem weiteren erfindungsgemäßen Gedanken ist es zweckmäßig, wenn die elektrische Maschine über die Ein-  
 gangswelle des Getriebes antreibbar ist oder diese antreibt.

Zweckmäßig ist, wenn die elektrische Maschine einen Stator und einen Rotor aufweist, wobei Stator und Rotor ko-  
 axial zur Getriebeeingangswelle angeordnet sind.

Zweckmäßig ist, wenn die elektrische Maschine einen Stator und einen Rotor aufweist, wobei Stator und Rotor relativ

zu einer Achse angeordnet sind, wobei die Achse im wesentlichen parallel zur Getriebeeingangswelle angeordnet und ausgerichtet ist.

Weiterhin ist es zweckmäßig, wenn die elektrische Maschine einen Stator und einen Rotor aufweist, wobei Stator und Rotor koaxial zur Getriebeeingangswelle angeordnet sind und der Rotor mit einem Schwungrad oder einem mit der Getriebeeingangswelle verbundenen Element drehfest verbunden ist.

Die Erfindung sei anhand der Figuren erläutert, dabei zeigt:

Fig. 1 eine schematische Darstellung eines Getriebes,

Fig. 2 ein Diagramm,

Fig. 3a ein Ausschnitt einer schematischen Darstellung eines Getriebes,

Fig. 3b ein Ausschnitt einer schematischen Darstellung eines Getriebes,

Fig. 4a ein Ausschnitt einer schematischen Darstellung eines Getriebes,

Fig. 4b ein Ausschnitt einer schematischen Darstellung eines Getriebes,

Fig. 5a eine schematischen Darstellung eines Getriebes,

Fig. 5b eine schematischen Darstellung eines Getriebes,

Fig. 6 eine schematischen Darstellung eines Getriebes,

Fig. 7a eine schematischen Darstellung eines Getriebes,

Fig. 7b eine schematischen Darstellung eines Getriebes,

Fig. 8 ein Ausschnitt einer schematischen Darstellung eines Getriebes,

Fig. 8a ein Ausschnitt einer schematischen Darstellung eines Getriebes,

Fig. 9 ein Ausschnitt einer schematischen Darstellung eines Getriebes,

Fig. 9a ein Ausschnitt einer schematischen Darstellung eines Getriebes,

Fig. 10 ein Getriebe,

Fig. 11a ein Ausschnitt eines Getriebes,

Fig. 11b ein Ausschnitt eines Getriebes,

Fig. 11c ein Ausschnitt eines Getriebes,

Fig. 12 ein Getriebe,

Fig. 13a bis Fig. 17b Diagramme zur zeitlichen Darstellung von Drehmomenten und Drehzahlen,

Fig. 18 ein schematisches Getriebe,

Fig. 19 bis Fig. 27 Diagramme,

Fig. 28 ein Blockschaltbild,

Fig. 29 ein Blockschaltbild,

Fig. 30 bis Fig. 33 Diagramme,

Fig. 34 ein Blockschaltbild,

Fig. 35 ein Blockschaltbild,

Fig. 36 bis Fig. 39 Diagramme,

Fig. 40 ein Blockschaltbild,

Fig. 41 bis Fig. 43 Diagramme,

Fig. 44 ein Blockschaltbild,

Fig. 45 bis Fig. 49 Diagramme,

Fig. 50a bis Fig. 50f schematische Anordnungen im Schnitt,

Fig. 51 eine schematische Darstellung eines Kraftfahrzeuges,

Fig. 52 bis 56 weitere schematische Darstellungen von Ausführungsformen eines erfindungsgemäßen Getriebes und Fig. 54a und 55a zu den Ausführungsformen der Fig. 54 und 55 gehörige Diagramme der Momentenentübertragung der Anfahr- beziehungsweise Lastschaltkupplung in Abhängigkeit vom Ausrückweg.

Die Fig. 1 zeigt schematisch ein Getriebe 1 eines Kraftfahrzeuges, welches einer Antriebseinheit 2, wie Motor oder Brennkraftmaschine, und einer Anfahr- oder Schaltkupplung 3, wie beispielsweise eine Reibungskupplung, nachgeordnet ist. Das Getriebe 1 weist eine Eingangswelle 4, eine Vorgelegewelle 5 und gegebenenfalls eine zusätzliche Ausgangswelle 6 auf, wobei im Ausführungsbeispiel der Fig. 1 die Vorgelegewelle gleich der Ausgangswelle ist. In einem weiteren erfindungsgemäßen Ausführungsbeispiel ist es vorteilhaft, wenn eine zusätzliche Ausgangswelle 6 zur Eingangswelle 4 und zur Vorgelegewelle 5 vorgesehen ist.

Zwischen Motor 2 und Getriebe 1 ist ein Schwungrad 10 angeordnet, auf welchem die Reibungskupplung 3 mit Druckplatte und Kupplungsdeckel angeordnet ist. Ebenso kann statt des starren Schwungrades 10 ein Zweimassenschwungrad vorgesehen sein, welches zwei relativ zueinander verdrehbar gelagerte Schwungmassen aufweist, die entgegen Rückstellkräften beispielsweise von zwischen den Schwungmassen angeordneten Kraftspeichern verdrehbar sind.

Zwischen Kupplungsmittnehmerscheibe 3a und Getriebeeingangswelle 4 ist ein Drehschwingungsdämpfer 11 angeordnet. Dieser weist zumindest zwei relativ zueinander verdrehbar gelagerte scheibenförmige Bauteile 11a, 11b auf, die entgegen Rückstellkräften beispielsweise von zwischen den Bauteilen angeordneten Kraftspeichern 12 verdrehbar sind. Radial außen an der Mitnehmerscheibe sind vorzugsweise Reibbeläge angeordnet.

Die Wellen, wie Eingangswelle, Ausgangswelle und gegebenenfalls Vorgelegewelle sind mittels Lager innerhalb eines Getriebegehäuses drehbar gelagert und in radialer Richtung zentriert und gegebenenfalls in axialer Richtung gelagert. Diese Lager sind jedoch nicht explizit dargestellt.

Die Eingangswelle 4 und die Ausgangswelle 5 sind im wesentlichen parallel zueinander ausgerichtet angeordnet. In einem anderen Ausführungsbeispiel kann die Ausgangswelle auch koaxial zur Eingangswelle angeordnet sein, wobei diese ebenfalls innerhalb des Getriebegehäuses gelagert und zentriert sein kann.

Die Anfahr- oder Schaltkupplung 3 ist in einem vorteilhaften Ausführungsbeispiel beispielsweise als naß laufende Reibungskupplung beispielsweise innerhalb des Getriebegehäuses angeordnet. In einem weiteren vorteilhaften Ausführungsbeispiel ist die Kupplung 3 beispielsweise als Trockenreibungskupplung beispielsweise innerhalb einer Kupplungsglocke zwischen Motor 2 und Getriebe 1 angeordnet.

Mit der Eingangswelle 4 des Getriebes 1 sind die Gangräder 20, 21, 22, 23, 24 und 25 axial fest und drehfest verbunden. Die Gangräder 20 bis 25 kämmen Zahnräder 30, 31, 32, 33, 34 und 35, wie Losräder, die auf der Vorgelegewelle 5 verdrehbar und mittels Kupplungen mit der Welle 5 drehfest verbindbar sind. Zwischen Zahnrad 25 und Zahnrad 35 ist das Zwischenzahnrad 36 zur Drehrichtungsumkehr angeordnet. Die Zahnradpaarung 25, 35, 36 stellt somit die Paarung für den Rückwärtsgang R dar. Die Zahnradpaarung 24, 34 stellt die Paarung für den ersten Gang dar. Die Zahnradpaarung 23, 33 stellt die Paarung für den zweiten Gang dar. Die Zahnradpaarung 22, 32 stellt die Paarung für den dritten Gang dar. Die Zahnradpaarung 21, 31 stellt die Paarung für den vierten Gang dar. Die Zahnradpaarung 20, 30 stellt die Paarung für den fünften Gang dar. Die Losräder 30 bis 35 können in einem weiteren vorteilhaften Ausführungsbeispiel auch auf der Eingangswelle angeordnet sein und die Gangräder auf der Vorgelegewelle. In einem weiteren Ausführungsbeispiel können auf jeder Welle sowohl Los- als auch Gangräder vorgesehen sein.

Die Zahnräder 30, 31 sind unter axialer Verlagerung der Kupplung 40, wie Schiebemuffe, mit der Vorgelegewelle 5 drehfest formschlüssig verbindbar. Gleiches gilt für die Zahnräder 32, 33 welche unter axialer Verlagerung der Schiebemuffe 41 mit der Vorgelegewelle 5 drehfest formschlüssig verbindbar sind. Dies gilt auch für die Zahnräder 34, 35, welche unter axialer Verlagerung der Schiebemuffe 42 mit der Ausgangswelle 5 formschlüssig verbindbar sind. Dabei kann nur jeweils ein Zahnrad mittels einer Schiebemuffe mit der Welle verbunden werden, da die Schiebemuffen durch die axiale Verlagerung in die eine oder in die andere axiale Richtung eine formschlüssige Verbindung zwischen Welle und Zahnrad erzeugen kann und die Schiebemuffen jeweils zwischen zwei Zahnrädern angeordnet ist.

Das Getriebe 1 weist, wie dargestellt, drei Baugruppen auf, die durch jeweils zwei Zahnradpaare und eine dazwischen angeordnete Kupplung, wie Schiebemuffe, gebildet sind. Die eine Baugruppe A ist durch die Zahnradpaare 20, 30 und 21, 31 und die Schiebemuffe 40 gebildet. Die zweite Baugruppe B ist durch die Zahnradpaare 22, 32 und 23, 33 und die Schiebemuffe 41 gebildet. Die dritte Baugruppe C ist durch die Zahnradpaare 24, 34 und 25, 35, 36 und die Schiebemuffe 42 gebildet.

Die Kupplungen 40, 41 und/oder 42 können vorteilhaft als formschlüssige Kupplungen, wie Klauenkupplungen, gebildet sein. Ebenso können sie in einem weiteren Ausführungsbeispiel als reibschlüssige Kupplungen mit konischen oder ebenen kreisringförmigen Reibflächen mit einer oder mehr als einer Reibfläche, wie als Lamellenkupplung, ausgebildet sein. Weiterhin können sie in einem anderen Ausführungsbeispiel mit einer Synchronisierereinrichtung mit einem oder mehr als einem Synchronisiererring 50 ausgebildet sein. Ebenso können auch Kombinationen von reibschlüssigen und formschlüssigen Kupplungen ausgebildet sein.

Wie zu erkennen ist, bilden die Zahnradpaare des ersten und Rückwärtsganges die erste Baugruppe und die Zahnradpaare des zweiten und dritten Ganges die zweite Baugruppe und die Zahnradpaare des vierten und fünften Ganges die dritte Baugruppe. Es können auch andere erfindungsgemäße Baugruppen zusammengestellt werden.

Die Schiebemuffen 40, 41 und 42 zur Schaltung der Gänge des Getriebes 1 werden durch die Betätigungseinheiten 60, 61, 62 betätigt, wie axial verlagert, wobei zwischen den Betätigungseinheiten und den Schiebemuffen jeweils eine Verbindung, wie ein Gestänge, eine hydrostatische Strecke oder ein Seilzug oder ein Bowdenzug oder eine Schaltwelle vorgesehen ist. Die Betätigungseinheit kann einen elektromotorischen, einen elektromagnetischen und/oder einen druckmittelbetätigten Antrieb, wie beispielsweise eine Hydraulikeinheit, vorsehen. Diesbezüglich verweisen wir auf die DE 44 26 260, DE 195 04 847, DE 196 27 980, DE 196 37 001. Die vorliegende Erfindung bezieht sich weiterhin auf diese älteren Patentanmeldungen, deren Inhalt hiermit ausdrücklich zum Offenbarungsinhalt der vorliegenden Patentanmeldung gehört.

In zumindest einer Verbindung zwischen Betätigungseinheit und Schiebemuffe kann eine Übersetzung i vorgesehen sein.

Entsprechende erfindungsgemäße Getriebe könne auch beispielsweise mit einem Vierganggetriebe mit Rückwärtsgang (vier Vorwärtsfahrgänge) oder mit einem Sechsganggetriebe mit Rückwärtsgang (sechs Vorwärtsfahrgänge) ohne Beschränkung der Allgemeinheit ausgebildet werden.

Zur Detektion der Getriebeausgangsdrehzahl, der Drehzahl der Welle 5 ist ein Drehzahlsensor 70 vorgesehen. Zur Detektion der Getriebeeingangsdrehzahl, der Drehzahl der Welle 4 kann weiterhin ein zusätzlicher Drehzahlsensor vorgesehen sein. Zur Detektion der Motordrehzahl ist ein Drehzahlsensor 71 vorgesehen. Zur Steuerung der Betätigung von Anfahr/Schaltkupplung und der Kupplungen zur Getriebeübersetzungsänderung ist eine elektronische Steuereinheit vorgesehen, die mit Speicher und Computereinheit versehen ist und anhand der eingehenden Signale Steuersignale generiert zur Ansteuerung der Betätigungseinheiten. Die Drehzahlen von Wellen können auch anhand gemessener Drehzahlen von anderen Wellen mit der gegebenen Übersetzung berechnet werden.

Mit einem der Zahnräder 30 bis 34 ist eine Kupplung 80, wie Lastschaltkupplung, verbunden, die das Zahnrad mit der Welle 5 verbindet, wenn sie eingerückt ist. Die Kupplung 80 ist über den Betätigungsaktor 65 über die Verbindung 65b betätigbar, wie einrückbar und ausrückbar. Die Kupplung 80 wird mit dem vorteilhaft mit dem gleichen Betätigungsaktor oder einem separaten Aktor betätigt, wie die Anfahr- oder Schaltkupplung 3, die mittels des Betätigungsaktors 65 mittels der Verbindung 65a ein- und ausrückbar ist.

Vorteilhaft ist es, wenn die Kupplung 80 an dem axialen Ende der Welle 5 angeordnet ist, die der Kupplung 3 benachbart ist. In einem weiteren vorteilhaften Ausführungsbeispiel ist es zweckmäßig, wenn die Kupplung 80 an dem axialen Ende der Welle 5 angeordnet ist, die der Kupplung 3 entgegengesetzt ist.

Ein weiteres vorteilhaftes Merkmal des Getriebes ist, daß über ein Zahnrad des Getriebes, wie beispielsweise Zahnrad 20 bis 24 eine Elektromaschine, wie Starter, Generator oder auch Startergenerator 90 des Antriebsmotors die Welle 4 antreiben kann. Ebenso kann damit ein Elektrogenerator, wie Lichtmaschine, angetrieben werden. Besonders vorteilhaft ist es, wenn der Starter und der Generator zu einer kombinierten Elektromaschine, wie Starter-Generator, zusammen gefaßt ist. Die Elektromaschine kann somit den Antriebsmotor starten, in einem weiteren Betriebsmodus jedoch auch Drehmoment an den Abtrieb des Getriebes geben und somit eine Antriebsunterstützung zu dem Antriebsmotor liefern. In geeigneter Weise kann die Elektromaschine bei geringen Drehmoment- oder Leistungsanforderungen auch alleine zum Antrieb des Fahrzeuges zumindest kurzfristig oder kurzzeitig verwendet werden. In einem weiteren Ausführungsbeispiel oder Anwendungsbeispiel der Erfindung kann die Elektromaschine dazu verwendet werden, um aus der kinetischen



Energie des Fahrzeuges einen Teil der Energie in elektrische Energie umzuwandeln und beispielsweise in einer Batterie zu speichern. Dies kann beispielsweise im Schubetrieb des Motors 2 beispielsweise bei Bergabfahrten und/oder bei Bremsvorgängen des Fahrzeuges erfolgen. Ein Fahrzeug mit einem erfindungsgemäßen Getriebe kann dadurch in vorteilhafter Art den Treibstoffverbrauch und die Schadstoffemission senken. Die Elektromaschine kann auch bei Schaltvorgängen ein Momentenniveau anheben.

Die Elektromaschine 90 kann gemäß Fig. 1 beispielsweise von einem Zahnrad angetrieben werden und parallel zu der Getriebeeingangswelle oder der Getriebeausgangswelle angeordnet sein. Zwischen einem Gangrad beispielsweise 20 und dem Antriebsritzel 91 der Elektromaschine 90 kann ein Zwischenzahnrad 92 vorgesehen sein. Auch kann die Elektromaschine mittels Riemen oder Kette angetrieben werden. Zur Übersetzung und Antrieb von/zu der Elektromaschine kann ein stufenlos einstellbares Getriebe, ein Stufengetriebe, ein umschaltbares oder ein fest eingestelltes Getriebe dienen.

Weiterhin kann die Elektromaschine auch koaxial zu der Getriebeeingangswelle angeordnet sein.

Bei der Erfindung handelt es sich um ein lastschaltendes oder lastschaltfähiges Getriebe 1. Die Lastschaltung wird dadurch erreicht oder durchgeführt, daß der Verbrennungsmotor 2 inklusive Eingangswelle 4 mittels einer Lastschaltkupplung 80 gegen den Abtriebsstrang des Fahrzeuges gebremst wird. Die kinetische Energie des Motors 2 wird somit teilweise in kinetische Energie des Fahrzeuges umgewandelt.

Erfindungsgemäß ist zumindest ein Kupplungsbetätigungsaktor vorgesehen, der sowohl die Anfahrkupplung oder Schaltkupplung 3 als auch die Lastschaltkupplung 80 betätigt. Vorteilhaft ist dabei, daß die Anfahrkupplung 3 zumindest teilweise geschlossen ist, während die Lastschaltkupplung betätigt wird. In einem anderen Ausführungsbeispiel ist es zweckmäßig, wenn die Anfahrkupplung bereits vollständig geschlossen ist.

Die erfindungsgemäße Vorrichtung ist besonders vorteilhaft aufgrund einfacher Getriebestrukturen und der geringen Anzahl von Betätigungsaktoren.

Vorteile dieses Getriebes sind: hoher Schaltkomfort durch die zumindest nahezu unterbrechungsfreie Lastschaltung, geringe Baulänge durch gegebenenfalls teilweisen Entfall von Synchronisierungen, geringes Gewicht, hoher Wirkungsgrad.

Bei der erfindungsgemäßen Vorrichtung wird die kinetische Energie des Motors beim Schaltvorgang, nicht durch Bremsen vernichtet, sondern als Antriebsmoment anteilig genutzt. Der Motor wird also gegen den Abtriebsstrang gebremst. Hierdurch ist keine Zugkraftunterbrechung mehr gegeben.

Dies ist besonders vorteilhaft bei Zug-Hochschaltungen. Vorteilhaft ist dies auch bei Schub-Rückschaltungen, da hier die kinetische Energie des Fahrzeuges für das Anheben der Motordrehzahl genutzt wird.

Das Lastschaltgetriebe 1 ist ein Vorgelegegetriebe mit Stirnrädern. Eine Reibungskupplung 3 zwischen Motor 2 und Eingangswelle 4 dient als Anfahrkupplung. Ein Feder/Dämpfersystem 11 als Torsionsschwingungsdämpfungseinrichtung ist vorzugsweise in die Kupplungsscheibe integriert. Diese Einrichtung kann jedoch auch in ein Zwei-Massen-Schwingenrad integriert sein.

Die Losräder können auf der Eingangswelle oder Vorgelegewelle mit dieser über Kupplungen oder Schiebemuffen verbindbar angeordnet sein. Die Losräder können durch Schaltkupplungen mit der Welle verbunden werden; Schiebemuffen verbinden die Vorgelegewelle 5 mit den Losrädern durch beispielsweise Klauenkupplungen. Die formschlüssige Kupplung von Gang 1 oder R kann mit einer Reibkupplung, wie Synchronisierung, kombiniert sein, siehe den Synchronring 50 für Gang 1 und R. Die Kupplungen 40, 41, 42 werden durch mindestens einen Betätigungsaktor betätigt.

Eine leistungsfähige Reibkupplung 80, wie Lastschaltkupplung, verbindet das Losrad 30 eines hohen Ganges, wie beispielsweise des fünften Ganges, mit der Welle 5. Ein Kupplungsbetätigungsaktor 65 betätigt sowohl die Lastschaltkupplung 80 als auch die Anfahrkupplung 3. Der Betätigungsweg des Kupplungsbetätigungsaktors ist derart aufgeteilt, daß die Lastschaltkupplung 80 erst dann geschlossen werden kann, wenn die Anfahrkupplung 3 geschlossen wurde.

Das System umfaßt weiterhin eine elektronische Steuereinheit mit Mikroprozessor zur elektronischen Steuerung des Getriebes und der Kupplungen, eine Drehzahlerfassung, eine elektronische Drosselklappensteuerung oder Motorbefüllung und ein elektronisches Motorsteuerungssystem für den Verbrennungsmotor, ein manuell betätigbares Element zur Gangwahl, wie Hebel, Schalter oder ähnliches zur manuellen und/oder automatisierten Gangwahl, eine Anzeige im Fahrzeuginnenraum zur Ganganzeige.

Eine Elektromaschine, welche als Starter, Generator und gegebenenfalls als Retarder und Zusatzantrieb genutzt werden kann, kann weiterhin vorteilhaft vorgesehen sein.

Für einen Anfahrvorgang wird ein niedriger Gang (Gang 1 oder 2) im Getriebe eingelegt. Die Anfahrkupplung 3 schließt durch die Betätigung des Betätigungsaktors 65, während der Motor 2 unter Gaspedalbetätigung Drehmoment aufbaut, um das Fahrzeug zu beschleunigen. Der Anfahrvorgang ist abgeschlossen wenn die Anfahrkupplung haftet. Das Motormoment wird nun über die geschlossene Kupplung und den eingelegten Gang auf die Abtriebswelle 5 übertragen.

Der Schaltvorgang wird in jedem Fall durch den Schaltwunsch des Fahrers oder der automatischen Steuerung eingeleitet.

Bei Zug-Hochschaltung beginnt der Kupplungsbetätigungsaktor die Lastschaltkupplung 80 kontrolliert zu schließen, während die Anfahrkupplung 3 geschlossen bleibt. Je mehr Drehmoment die Lastschaltkupplung 80 überträgt, desto weniger Drehmoment belastet die Kupplung 40, 41 oder 42 des eingelegten (alten) Ganges. Ist das Drehmoment der Kupplung des alten eingelegten Ganges im wesentlichen auf Null abgesunken so wird die Kupplung des alten Ganges geöffnet. Durch das übertragene Drehmoment der reibenden Lastschaltkupplung 80 wird der Verbrennungsmotor inklusive Eingangswelle in der Drehzahl abgesenkt, das heißt die kinetische Energie des Motors wird reduziert. Das Drehmoment der reibenden Lastschaltkupplung 80 wird am Abtriebsstrang abgestützt und gibt somit einen Teil der kinetischen Energie des Verbrennungsmotors 2 an das Fahrzeug ab. Das Drehmoment am Abtriebsstrang bleibt also während der Synchronisierung erhalten, das Getriebe ist lastschaltend.

Hat die Kupplung 40, 41 oder 42 des einzulegenden neuen Ganges die Synchrondrehzahl erreicht, so wird diese durch eine Aktorbetätigung geschlossen. Gleichzeitig wird die Lastschaltkupplung 80 geöffnet. Der neue Gang ist eingelegt und der Schaltvorgang zum Gang abgeschlossen.

Kurz vor Erreichen der Synchrondrehzahl werden Kupplungsmoment und Motormoment derart gesteuert, daß der Verbrennungsmotor nur noch gering und bei Synchrondrehzahl im wesentlichen nicht mehr beschleunigt wird. Nun wird die Kupplung des neuen Ganges geschlossen. Ist die Schaltkupplung geschlossen, wird die Lastschaltkupplung geöffnet.

Die Lastschaltkupplung 80 ist vorzugsweise am Losrad des höchsten Ganges integriert, kann aber auch an einem Losrad eines niedrigeren Ganges eingesetzt werden. Hierdurch sind die Schaltungen in höheren Gängen nicht mehr lastschaltfähig. Dafür weisen die Schaltungen in kleineren Gängen (Gang neu  $\leq$  Gang mit Lastschaltkupplung) geringere Zugkrafteinbrüche auf.

Das Moment des Motors wird angehoben. Gleichzeitig übernimmt die Lastschaltkupplung Drehmoment, so daß die Schaltkupplung des alten Ganges geöffnet werden kann. Anschließend kann das Drehmoment der Lastschaltkupplung reduziert und der Motor beschleunigt werden. Kurz vor Erreichen der Synchrondrehzahl schließt wieder die Lastschaltkupplung, der Motor wird gebremst und bei Synchrondrehzahl wird der neue Gang eingelegt. Nun öffnet die Lastschaltkupplung und der neue Gang übernimmt das Motormoment.

Bei Rückschaltungen muß die Motordrehzahl angehoben werden. Hierzu wird die Eigendynamik genutzt um die kinetische Energie des Motors anzuheben. Das Drehmoment des Motors wird kontrolliert reduziert. Ist das Drehmoment des alten Ganges im wesentlichen auf Null abgesunken, so wird die Kupplung 40, 41 oder 42 des alten Ganges geöffnet. Nun wird das Drehmoment des Motors angehoben und der Motor mit Eingangswelle beschleunigt. Hat der Motor die Synchrondrehzahl zum neuen Gang erreicht, wird das Motormoment kurz zurück genommen und die Kupplung 40, 41 oder 42 des neuen Ganges geschlossen. Nun wird das Motormoment wieder kontrolliert entsprechend Fahrerwunsch eingestellt.

Zug-Rückschaltung können mit der Lastschaltkupplung 80 am hohen Gang komfortabler gestaltet werden, in dem ein Teil des Motormomentes welches zum Beschleunigen des Verbrennungsmotors gedacht ist am Antriebsstrang abgestützt wird. Hierdurch wird zwar der Synchronvorgang verlängert, jedoch bricht das Moment nicht völlig auf Null ein.

Hat das Getriebe eine zweite Lastschaltkupplung bei kleinstem Gang, kann bei Schub-Rückschaltung die Kupplung den Verbrennungsmotor gegen den Abtriebstrang hoch beschleunigen. Das Fahrzeug wird dann während der Synchronisierung gebremst, da die Energie des Fahrzeugs in den Motor abgezweigt wird. Somit ist dann die Schub-Rückschaltung ebenfalls lastschaltend. Statt einer Lastschaltkupplung könnte am kleinsten oder am Rückwärtsgang, eine leistungsfähige Sperrsynchrisierung, wie Doppelkonussynchronisierung, genutzt werden.

Fig. 2 zeigt eine Kennlinie, in welcher das von der Anfahrkupplung 3 und der Lastschaltkupplung 80 übertragbare Drehmoment  $M_a$  und  $M_l$  als Funktion des Betätigungsweges  $s$  des Betätigungsaktors 65 dargestellt ist.

Die übertragbaren Drehmomente der Kupplungen 3, 80 sind eine Funktion des Betätigungsweges. Im ersten Bereich ist das übertragbare Drehmoment der Lastschaltkupplung null und das übertragbare Drehmoment  $M_a$  der Anfahrkupplung steigt an. Wenn die Anfahrkupplung 3 im wesentlichen geschlossen ist und das übertragbare Drehmoment unabhängig vom Betätigungsweg ist, kann die Lastschaltkupplung 80 geschlossen werden, so daß eine ansteigende Charakteristik von  $M_l$  resultiert.

Die Fig. 3a und 3b zeigen ausschnittsweise Ausführungsbeispiele, in welchen erfindungsgemäße Änderungen gegenüber dem Ausführungsbeispiel der Fig. 1 dargestellt sind. Die in den Fig. 3a und 3b nicht dargestellten Merkmale des Getriebes der Fig. 1 sind mit diesen vergleichbar.

In Fig. 3a werden zwei Betätigungsaktoren zur Wahl des eingelegten Ganges verwendet. Die Betätigungsaktoren wählen und betätigen die gewünschte Schiebemuffe oder Kupplung 40, 41 oder 42 und betätigen diese Schiebemuffe in die gewünschte Richtung um eine Kopplung zwischen Welle 5 und einem Zahnrad 30 bis 35 zu erreichen. Dabei ist zwischen den Betätigungsaktoren 101 und 102 ein Mechanismus, wie eine zentrale Schaltwelle oder mehrere Wellen oder Stangen, vorgesehen, der das Wählen der Schiebemuffe und eine axiale Verlagerung der Schiebemuffe mittels der Betätigungsaktoren erlauben. Bei einer zentralen Schaltwelle kann beispielsweise ein Drehen der Welle eine Auswahl der Schiebemuffe durchführen und durch ein Ziehen oder Drücken der Welle die axiale Betätigung erfolgen. Ebenso kann dies in umgekehrtem Betätigungssinn erfolgen. Bei einem Ausführungsbeispiel mit zumindest zwei Schaltstangen kann der eine Betätigungsaktor die Auswahl der zu betätigenden Stange und somit der zu betätigenden Schiebemuffe durchführen und der andere Betätigungsaktor kann ein Ziehen oder Drücken der ausgewählten Stange durchführen.

Bei einem Ausführungsbeispiel mit zumindest zwei Schaltwellen kann der eine Betätigungsaktor durch ein Verdrehen der zu betätigenden Welle eine Auswahl der Schiebemuffe durchführen und der andere Betätigungsaktor kann durch ein Verdrehen der zweiten Welle eine axiale Verlagerung der ausgewählten Schiebemuffe bewirken.

In Fig. 3b wird ein Betätigungsaktor 105 zur Wahl des eingelegten Ganges verwendet. Der Betätigungsaktor wählt und betätigt die gewünschte Schiebemuffe oder Kupplung 40, 41 oder 42 und betätigt diese Schiebemuffe in die gewünschte Richtung um eine Kopplung zwischen Welle 5 und einem Zahnrad 30 bis 35 zu erreichen. Dabei ist zwischen dem Betätigungsaktor 105 und den Schiebemuffen ein Mechanismus 120, wie beispielsweise eine Schaltwalze, vorgesehen, der das Wählen der Schiebemuffe und eine axiale Verlagerung der Schiebemuffe mittels des Betätigungsaktors erlaubt. Bei einer Schaltwalze sind an einer verdrehbaren Walze am Außenmantel Nuten eingebracht, in die Stifte der Schiebemuffen eingreifen, wobei unter Verdrehung der Walze sich die Schiebemuffen entsprechend der Nuten axial verlagern und die Gänge seriell schalten.

Die Fig. 4a zeigt ausschnittsweise ein Ausführungsbeispiel eines erfindungsgemäßen Getriebes, bei welchem die Losräder 230, 231 der Gänge vier und fünf auf der Welle 204, wie Antriebswelle oder Eingangswelle, drehbar angeordnet sind und mittels der Schiebemuffe oder Kupplung 240 mit der Welle drehfest verbindbar sind, wenn diese axial verlagert wird. Ebenso ist die Lastschaltkupplung 280 auf der Antriebswelle angeordnet. Die Gangräder 220 und 221 der Gänge vier und fünf sind auf der Abtriebswelle oder Vorgelegewelle angeordnet und mit dieser drehfest verbunden. Die Losräder 32 bis 35 sind auf der Welle 205 angeordnet, die entsprechenden Gangräder auf der Welle 204.

Die Synchronisierung des ersten Ganges, wie zwischen dem Zahnrad 34 und der Schiebemuffe 42 ist als Mehrfachkonussynchronisierung 250, wie Doppelkonus, ausgebildet.

Die elektrische Maschine 290, wie Starter-Generator oder Starter (Anlasser) oder Generator (Lichtmaschine) treibt in dem Ausführungsbeispiel ein Gangrad des dritten Ganges an. Sie kann auch ein Gangrad eines anderen Ganges antrei-

ben.

Die Fig. 4b zeigt einen Ausschnitt eines erfindungsgemäßen Getriebes, bei dem der Rückwärtsgang R mittels des Gangrades 225, das drehfest auf der Eingangswelle angeordnet ist und dem axial verlagerbaren Zwischenzahnrad 237 und einer Verzahnung an der mit der Ausgangswelle drehfesten Schieberruffe 238 betätigt wird. Zum Einlegen der Rückwärtsganges wird das axial verlagerbare Zwischenzahnrad 237 mittels eines Betätigungsaktors 295 axial verlagert, so daß eine formschlüssige Verbindung zwischen 225, 237 und 238 vorliegt.

Die Fig. 5a und 5b zeigen Ausführungsbeispiele eines erfindungsgemäßen Getriebes, bei welchem ein der Abtriebswelle 205 nachgeschaltetes Differential 299, 298 dargestellt ist. In der Fig. 5a ist das Differential 299 der Abtriebswelle oder Vorgelegewelle 205 an dem axialen Endbereich im Drehmomentfluß nachgeordnet, die dem Antriebsmotor und der Anfahrkupplung entgegengesetzt ist. In der Fig. 5b ist das Differential 298 der Abtriebswelle oder Vorgelegewelle 205 an dem axialen Endbereich im Drehmomentfluß nachgeordnet, die dem Antriebsmotor 2 und der Anfahrkupplung benachbart ist.

Die Fig. 6 zeigt in einem Ausführungsbeispiel ein Getriebe 300, das im wesentlichen die konstruktiven Grundzüge des Getriebes 1 der Fig. 1 aufweist, wobei zur Betätigung der Kupplungen oder Schieberruffen zum Schalten der Gänge zwei Betätigungsaktoren 360, 361 wie in Fig. 3a gezeigt verwendet werden. Diese schalten oder betätigen die Kupplungen oder Schieberruffen 340, 341, 342 über einen Mechanismus 350, der beispielsweise eine Auswahl zwischen den Schieberruffen mittels einem Aktor 360 und eine Betätigung der ausgewählten Schieberruffe mittels des anderen Aktors 361 durchführt.

Mit dem Losrad 330 des fünften Ganges ist eine Lastschaltkupplung 310, wie beispielsweise Reibungskupplung, verbunden, die das Losrad 330 mit der Welle 305 drehfest verbindet, wenn sie eingerückt wird. Weiterhin ist mit dem Losrad 335 des ersten Ganges eine zweite Lastschaltkupplung 320, wie beispielsweise Reibungskupplung, verbunden, die das Losrad 335 mit der Welle 305 drehfest verbindet, wenn sie eingerückt wird. Somit können entweder die Kupplung 310 oder die Kupplung 320 zur Lastschaltfähigkeit also zur zugkraftunterbrechungsfreien Gangschaltung eingerückt werden, wie dies bereits oben beschreiben ist. Zur Betätigung der Kupplungen 310 und 320 stehen Betätigungsaktoren 362 und 363 mit Übertragungsgliedern 362a und 363a zur Verfügung. Als Übertragungsglieder dienen Gestänge, Bowdenzüge, Hydraulikverbindungen mit Geber- und Nehmerzylinder oder ähnliches. Als Aktoren können elektromotorisch angetriebene Aktoren mit Über- oder Untersetzungsgetriebe eingesetzt werden. Ebenso ist es vorteilhaft, wenn in einem anderen Ausführungsbeispiel hydraulisch betätigte Aktoren verwendet werden.

Die Fig. 7a und 7b zeigen Ausführungsbeispiele erfindungsgemäßer Getriebe 400, bei welchen die Anfahrkupplung 403 innerhalb einer Kupplungsglocke eines Getriebes 400 aber außerhalb des eigentlichen abgeschlossenen Getriebegehäuses 401 angeordnet ist. Dabei ist die Kupplungsglocke ein halböffnender Raum 402, der durch ein am Getriebe angeordnetes Kupplungsglockengehäuse teilweise begrenzt wird, wobei diese Kupplungsglocke am Motor des Fahrzeuges befestigt wird und somit die Kupplungsglocke zumindest bis auf geringfügige Öffnungen abgeschlossen ist.

Im Ausführungsbeispiel der Fig. 7a ist die Lastschaltkupplung 480 zur Verbindung des Losrades 430 mit der Welle 404 innerhalb der Kupplungsglocke, im Raumbereich 402, angeordnet. Die Verbindung zu dem Losrad erfolgt über eine Hohlwelle, die durch eine Öffnung in der Gehäusewandung tritt, wobei durch die Hohlwelle ebenfalls die Welle 404 durch die Gehäusewandung tritt. Die beiden Kupplungen 403 und 480 sind in dem Kupplungsglockenraum 402 angeordnet und können vorteilhaft als Reibungskupplungen, wie Trockenreibungskupplungen, ausgebildet sein. Die Welle 404 und die Hohlwelle zwischen Kupplung 480 und dem Losrad 430 sind vorteilhaft mittels Lagermitteln 450 gehäuseseitig gelagert.

Im Ausführungsbeispiel der Fig. 7b ist die Lastschaltkupplung 480 zur Verbindung des Losrades 430 mit der Welle 404 innerhalb des Getriebegehäuses, im Raumbereich 400a, angeordnet. Die Verbindung zu dem Losrad erfolgt über eine Hohlwelle. Die Kupplung 403 ist in dem Kupplungsglockenraum 402 angeordnet und kann vorteilhaft als Reibungskupplung, wie Trockenreibungskupplung, ausgebildet sein. Die Lastschaltkupplung 480 ist innerhalb des Getriebegehäuses angeordnet und kann vorteilhaft eine naß laufende Reibungskupplung, wie Lamellenkupplung sein. Die Welle 404 ist vorteilhaft mittels Lagermitteln 450 gehäuseseitig gelagert.

Die Lastschaltkupplung 80, 480 kann in unterschiedlichen Ausführungsbeispielen mit jeweils einem anderen Losrad eines anderen Ganges und der entsprechenden Welle verbunden sein. Vorzugsweise ist sie mit dem Losrad des höchsten Ganges verbunden.

Ist die Lastschaltkupplung 80 am Losrad 30 des höchsten Ganges angeordnet oder mit diesem verbunden, so können bei Zug-Hochschaltung alle Gänge unter Last geschaltet werden. Ist die Lastschaltkupplung am Losrad eines niedrigeren Ganges (wie beispielsweise 4. oder 3. Gang) angebracht, so können die diesbezüglich höheren Gänge nicht mehr unter Last geschaltet werden. Jedoch ergibt sich der Vorteil, daß der Zugkrafteinbruch der lastschaltenden Gänge geringer ausfällt. Die Lastschaltkupplung 80 kann wie jedes Losrad auf der Eingangswelle 4 oder der Vorgelegewelle 5 angeordnet sein. Vorzugsweise ist sie jedoch auf der Eingangswelle 4 angeordnet. In einem weiteren vorteilhaften Ausführungsbeispiel ist die Lastschaltkupplung auf der Vorgelegewelle angeordnet.

Vorzugsweise ist die Lastschaltkupplung 80 räumlich nahe der Kupplungsglocke im Getriebegehäuse angeordnet oder sogar direkt am Drehlager der Eingangswelle angeordnet.

Die Lastschaltkupplung kann im beöhlten Raum des Getriebes oder in der Kupplungsglocke angeordnet sein.

Die Reihenfolge bzw. Anordnung der Gänge ist frei wählbar, da man aufgrund der automatisierten Betätigung des Getriebes keine Gangfolge wie bei Handschaltgetrieben benötigt. Dies kann vorteilhaft bedeuten, daß die jeweils zwei Gänge, die mit einer Schieberruffe geschaltet werden, auch nicht benachbarte Gänge sein müssen, wie dies bei Handschaltgetrieben der Fall ist.

Für lastschaltende Schub-Rückschaltungen sind prinzipiell auch leistungsfähige Sperrsynchrisierungen zum Schalten des ersten Ganges wirkungsmäßig zwischen Schieberruffe und Losrad einsetzbar. Bei solchen Systemen erbringt die Sperrsynchrisierung einen Teil des Drehmomentes, der Verbrennungsmotor den anderen Teil des Drehmomentes zur Synchrisierung der Eingangswelle und des Verbrennungsmotors auf. Somit ist die Zugkraft aber nicht völlig unterbrochen, sondern ein Teil des Drehmomentes wirkt auf den Antriebsstrang des Fahrzeuges mit der Kardanwelle und den angetriebenen Rädern.

Die Lastschaltkupplung kann vorteilhaft als eine der folgenden Kupplungen ausgebildet werden:

- Naß laufende Kupplung
- Trocken laufende Kupplung
- 5 - Scheibenkupplung
- Konuskupplung mit konischer/konischen Reibfläche/n
- eine Reibfläche
- zwei Reibflächen
- mehrere Reibflächen (wie beispielsweise Lamellenkupplung).

Die Kupplungen oder Schiebemuffen zum Verbinden der Losräder mit der Welle können vorteilhaft wie folgt ausgebildet sein:

- formschlüssige Kupplung, wie Klauenkupplung,
- 15 - reibschlüssige Kupplung.

Um den Wirkungsgrad des Getriebes zu optimieren ist es besonders vorteilhaft, wenn die Kupplungen oder Schiebemuffen zur Verbindung von Welle und Losrad im wesentlichen ohne äußeren zusätzlichen Energieaufwand geschlossen zu halten. Diesbezüglich können formschlüssige Kupplungen eingesetzt werden. Um eine reibschlüssige Kupplung ohne Energieaufwand geschlossen zu halten, können vorteilhaft kraft- oder energiespeichernde Elemente, wie beispielsweise Federn, vorgesehen sein, die die Reibflächen gegeneinander beaufschlagen. Ebenso können Ziehkeilgetriebe oder federbeaufschlagte Reibkupplungen verwendet werden.

Die Verzahnung des Formschlusses bei formschlüssigen Kupplungen kann verschieden ausgeführt sein, wie beispielsweise: glatt mit Rundung, konvexe Klaue, Berliet-Klaue oder Abweisklaue.

Es kann vorteilhaft sein, den Ersten- und/oder den Rückwärtsgang mit einer Synchronisierung mit Synchronisiererringen auszustatten. In einem weiteren Ausführungsbeispiel kann es zweckmäßig sein, wenn zumindest einzelne Gänge mit einer Synchronisierung mit Synchronisiererringen ausgestattet sind.

Die Losräder 30 bis 35 und Kupplungen 40 bis 42 können bei Getrieben mit Vorgelegewelle unterschiedlich angeordnet werden. Das Losrad eines jeden Ganges kann entweder auf der Eingangswelle oder auf der Vorgelegewelle angeordnet sein. Somit kann auch die Lastschaltkupplung in unterschiedlichen Ausführungsbeispielen auf der einen oder der anderen Welle angeordnet sein.

Das Getriebe kann derart ausgelegt sein, daß es beispielsweise als Vierganggetriebe, Fünfganggetriebe oder auch Sechsganggetriebe oder als anderes Mehrgangschaltgetriebe ausgebildet ist.

Ein vorteilhaftes Ausführungsbeispiel des erfindungsgemäßen Getriebes kann vorteilhaft in Front-Quer-Anordnung in dem Fahrzeug angeordnet werden. Ein anderes Ausführungsbeispiel kann eine vorteilhafte Front-Längs-Anordnung vorsehen, wobei es auch für andere vorteilhafte Triebstrangstrukturen vorsehbar ist.

Die Betätigungsaktoren 60, 61, 62, 65, 101, 102, 105 und/oder 363 können in unterschiedlichen Ausführungsbeispielen vorteilhaft mit Elektromotoren mit einer rotatorischen Ausgangsbewegung eines Ausgangselementes, Elektromotoren mit linearer Ausgangsbewegung, wie beispielsweise auch Linearmagnet, hydraulische Drehaktoren (wie beispielsweise Zahnradpumpe, Flügelzellenpumpe, etc.), hydraulische Linearaktoren (wie Kolben-/Zylindereinheiten etc.), pneumatische Drehaktoren (Flügelzellenpumpe, etc.), pneumatische Linearaktoren (Kolben, etc.), piezoelektrische Aktoren, und thermomechanische Aktoren ausgebildet sein.

Zwischen den Motoren und den Betätigungselementen kann der Betätigungsaktor Übersetzungsgetriebe aufweisen, wie beispielsweise mechanische Getriebe nach der folgenden Art: Hebel, Keil, Kurvengetriebe, Spindel, Schnecke, Stirnrad, Planetensatz, etc., hydraulische Getriebe, pneumatische Getriebe (Geber-/Nehmerzylinder oder allgemein Druckmittelgetriebe).

Zur Anlenkung des angesteuerten Elementes kann je nach Ausführungsbeispiel eine der folgenden Formen der Übertragungsstrecke vorteilhaft verwendet werden. Nachstellbare oder selbsteinstellende Übertragungsstrecken können eingesetzt werden, wie mechanische Strecken wie Hebel, Seilzug, Stange, Schieber, Keil, Kurvengetriebe etc., hydrostatische Strecke, wie Geber-/Nehmerzylinder mit/ohne Schnüffelbohrung, hydrodynamische Strecke, pneumatische Strecke.

Die Betätigungsaktoren zur Betätigung des Gangwechsels und der Auswahl des nachfolgenden Ganges können auch durch Zwischengetriebe 110 zusammengefaßt werden. So ist es möglich mehr Gangpaare zu schalten als Aktoren gegeben sind. Beispiele hierfür sind Verteilergetriebe entsprechend des H-Schaltbildes oder eine Schaltwalze, welche beliebig viele Gänge mit einem Aktor schaltet.

Die Kupplung, wie Anfahrkupplung 3 oder Lastschaltkupplung 80, kann als konventionelle gedrückte oder gezogene Kupplung ausgebildet sein, die durch einen Federvorspannung eines Kraftspeichers in einem nicht betätigten Zustand von dem Kraftspeicher eingerückt gehalten wird. Weiterhin kann die Kupplung eine kraftreduzierte, selbstnachstellende Kupplung sein, die einen Verschleiß beispielsweise der Reibbeläge selbsttätig ausgleicht. Die Kupplung kann in einem weiteren Ausführungsbeispiel auch eine zugeführte Kupplung sein, die mittels des Aktors zumindest teilweise oder mit einer Teilkraft betätigt werden muß, damit sie eingerückt ist.

Vorteilhaft ist ein Torsionsschwingungsdämpfer im Antriebsstrang beispielsweise mit einer Feder-Dämpfer-Einheit 11 zwischen Anfahr-/Schaltkupplung und Motor. Dieser Dämpfer kann in die Kupplungsscheibe oder in ein Zweimassenschwungrad integriert sein.

Die Sensoren 70, 71, wie Drehzahlsensoren, detektieren die Drehzahlen von Motor und Getriebe. Wobei die Abtriebsdrehzahl auch aus den Raddrehzahlen zurückgerechnet werden kann. Weiterhin kann es zweckmäßig sein, wenn ein Drehzahlsensor an der Eingangswelle angeordnet ist.

Weiterhin kann zum erfindungsgemäßen Getriebe eines Kraftfahrzeuges weiterhin erfindungsgemäß gehören:

- Steuereinheit mit Mikroprozessor mit Signalverarbeitung, Elektronik, Steuerlogik, Signalverstärkern, Datenbus-Systemen etc.
- Anzeigesysteme wie Warnlampe, Warntongebler, Ganganzeige etc.
- Bedienelement wie Schaltknauf, Schalter, etc.
- Programme mit Wählelement zur Auswahl von: Automatik, manuelle Gangwahl, Winter, Sport, Fahrererkennung etc.
- Elektronische Motorsteuerung mit elektronischer Kraftstoffzufuhrsteuerung, wie E-Gas, am Verbrennungsmotor (elektromotorisch, elektronisch, etc.)
- Sensorik zur Detektion der Motordrehzahl, Raddrehzahl, Türöffnungserkennung, Motorhaubenöffnungserkennung, etc.
- Daten- und Steuersignalkommunikation zwischen Getriebesteuergerät und Motorsteuergerät des Verbrennungsmotors.

Bei einem oben genannten Getriebe kann eine Elektromaschine, wie Starter, wie Anlasser, Generator, wie Lichtmaschine, Starter-Generator, Retarter/Zusatzantrieb integrieren. Hierbei handelt es sich vorteilhaft um eine Elektromaschine die folgende Funktionen erfüllt, wie Starten des Verbrennungsmotors und Erzeugen des elektrischen Stromes für das Bordnetz des Kraftfahrzeuges und gegebenenfalls als elektrische Bremse mit Energierückgewinnung, wobei überschüssige elektrische Energie wieder dem Antrieb zugeführt wird. Vorteilhaft kann die Elektromaschine auch für die Synchronisierung des Getriebes unterstützend wirken und kann ebenso vorteilhaft eingesetzt werden, um bei stehendem Fahrzeug die Eingangswelle des Getriebes auf Drehzahl Null abzubremesen. Dadurch können in einzelnen Ausführungsbeispielen die Synchronringe im 1. bzw. Rückwärtsgang eingespart werden. Auch um Drehmomentrückgänge während Schaltphasen zu glätten, ist die Elektromaschine vorteilhaft gezielt ansteuerbar um in diesen Phasen Drehmoment zur Verfügung zu stellen.

Die Elektromaschine kann auf der Motorseite, das heißt am Schwungrad, wie auch am Primär- oder Sekundärschwungrad eines Zweimassenschwungrades angreifen. In einem weiteren Ausführungsbeispiel ist es vorteilhaft, wenn die Elektromaschine auf die Getriebeeingangswelle wirkt oder an dieser angreift, wobei diese sowohl koaxial als auch achsversetzt angeordnet sein kann. Die Elektromaschine kann den Verbrennungsmotor oder die Eingangswelle direkt oder über ein Zwischengetriebe antreiben. Dieses Zwischengetriebe kann eine konstante oder variable Übersetzung haben. Es kann zwischen mehreren konstanten Übersetzungen umgeschaltet werden, oder die Übersetzung stufenlos eingestellt werden. Eine Übersetzung kann beispielsweise fliehkraftgesteuert oder mittels eines Aktors erfolgen.

Die Drehbewegung der Elektromaschine kann auf die Motorwelle oder Eingangswelle des Getriebes durch die folgenden Übertragungsmittel übertragen werden:

- Verzahnungen (Strinrad, Kegelverzahnung etc.)
- Umschlingungsetriebe (Ketten, Keilriemen, Zahnriemen etc.)
- Hydraulische Getriebe (Pumpe/Motor etc.)
- Reibgetriebe, wie Reibradgetriebe, Toroidgetriebe oder Kugelplanetgetriebe.

Der Startvorgang kann dabei unter anderem auf zweierlei Arten erfolgen. Entweder die Elektromaschine beschleunigt den Verbrennungsmotor direkt, oder die Elektromaschine wird zu erst alleine angetrieben und triebt dann ausgehend von der höheren Drehzahl den Verbrennungsmotor an, weil beispielsweise eine Reibkupplung geschlossen wurde. Ein solcher Motorstart bietet sich über die Anfahrkupplung an, nachdem die Elektromaschine zuvor die Eingangswelle des Getriebes beschleunigt hat.

Die Fig. 8 zeigt ein erfindungsgemäßes Getriebe 500 in einem Ausschnitt. Dabei ist die Anfahrkupplung 504 auf einem mit der Motorabtriebswelle 501 drehfest verbundenen Schwungrad 502 aufgenommen. Die Kupplung besteht dabei aus einem Kupplungsdeckel 505, einer Anpreßplatte 506, sowie einer Tellerfeder 507 und einer deckelseitigen ringförmigen Auflage 508, wie Abstützring, und einer Tellerfeder 509, die die Tellerfeder 507 gegen die Auflage oder den Abstützring in axialer Richtung beaufschlagt. Die Tellerfeder stützt sich dabei radial außen an einem kreisringförmigen Nocken der Anpreßplatte ab und radial innen an dem ringförmigen Element 508. Das Element 508 kann mehrteilig ausgebildet sein, wobei die zumindest zwei Teile unter Relativverdrehung eine Nachstellung des Anlagebereiches der Tellerfeder in axialer Richtung bewirken.

Weiterhin ist eine Kupplungsscheibe 520 dargestellt, die im wesentlichen aus einer Mitnehmerscheibe 521 und einer Gegenscheibe 522 besteht, die als kreisringförmige scheibenartige Bauteile gebildet sind, die radial außen miteinander beabstandet verbunden sind. Zwischen Mitnehmer und Gegenscheibe ragt ein Flansch 523 von radial hinein, wobei wirkungsmäßig zwischen Mitnehmer- und Gegenscheibe einerseits und Flansch 523 andererseits Kraftspeicher 524 angeordnet sind. Mitnehmer- und Gegenscheibe einerseits und Flansch 523 andererseits sind relativ zueinander entgegen der Rückstellkraft der Kraftspeicher 524 verdrehbar angeordnet. Der Flansch ist radial innen mit einer Nabe 525 über eine Keilwellenverzahnung drehfest verbunden. Die Mitnehmerscheibe 521 weist radial außen einen ringförmigen Bereich auf, der aus zwei Reibbelägen 526 mit dazwischen geschalteter Belagfederung mittels Federsegmenten besteht. Die Reibbeläge treten in Reibkontakt mit den entsprechenden Reibflächen von Schwungrad 502 und Druckplatte 506 der Kupplung 504.

Zur Betätigung der Kupplung steht ein Kupplungsbetätigungshebel 530 zur Verfügung, der um die Achse 531 verschwenkbar gelagert ist. Radial innen ist der Hebel 530 in einer im Schnitt u-förmigen Aufnahme 531 aufgenommen, die ihrerseits von einem axial verlagerbaren hohlzylinderförmigen Träger 532 getragen wird. Die Aufnahme kann kreisringförmig ausgebildet sein. Das hohlzylindrische Träger 532 trägt an seinem einen axialen Endbereich den Lageraußenring des Ausrücklagers 535, wobei dieser den Lageraußenring radial außen umgreift. Der Lagerinnenring trägt in einer axialen Richtung einen Anschlagbereich zur Betätigung der Tellerfederungen der Tellerfeder zum Ein- oder Ausrücken der Kupplung 504. Wird der Hebel in der Fig. 8 in Uhrzeigerichtung verdreht, wird die Kupplung ausgerückt. Der Trä-

ger 532 wird von einer Führung 599 geführt. Weiterhin ist eine Axialstütze 598 und ein Sprengring 597 für eine Axialstütze 598 vorgesehen.

Die Nabe 525 steht mittels einer Keilwellenverzahnung mit der Getriebeeingangswelle 503 in drehfester Verbindung.

Das Getriebe 500 weist ein Getriebegehäuse 500a auf, das unter anderem die Kupplungsglocke von dem Innenraum des Getriebes trennt. Die Wandung des Getriebes weist eine Öffnung auf, durch die Getriebeeingangswelle 503 tritt.

Auf der Getriebeeingangswelle 503 ist das Losrad 560 mittels der Lager 562 verdrehbar gelagert und zentriert. Gleichzeitig ist das Losrad 560 mittels des Lagers 563 gehäuseseitig gelagert, wobei ein axialer hülsenförmiger Fortsatz 560a das Lager 563 radial außen aufnimmt und das Lager 562a radial innen aufnimmt und ein hülsenförmiger Fortsatz 560b das Lager 562b radial innen aufnimmt. Die Dichtung 570 ist zwischen Gehäuse 500a und Element 560a das Lager übergreifend abdichtend angeordnet. Die Dichtung 571 ist zwischen Getriebeeingangswelle 503 und Element 560a abdichtend angeordnet. Die Dichtung kann auch zwischen Gehäuse und Führung aufgenommen sein.

Das Losrad 560 kämmt mit seiner radial außen liegenden Verzahnung die Verzahnung des Gangrads 561. Mit der Getriebeeingangswelle 503 ist ein Steg 550 drehfest und axial fest verbunden. Der Steg ist radial innen mittels Verzahnung und Gegenverzahnung 552c der Welle 503 mit dieser drehfest verbunden, wobei die axiale Sicherung mittels zweier Sprengringe, die in ringförmige Aussparung der Welle aufgenommen sind, oder Sicherungsringe 552a, 552b erfolgt. Der Steg 550 weist radial außen eine Verzahnung 550a auf, in der die Schiebemuffe 551 mit ihrer Innenverzahnung 551a axial verschiebbar aber drehfest aufgenommen ist.

Das Losrad weist an seinem axial einen, der Gehäusewandung gegenüberliegenden Endbereich radial außen eine Verzahnung 560c auf, in die die Schiebemuffe 551 formschlüssig eingreift, wenn diese in Richtung auf das Losrad axial verlagert wird. Durch diese formschlüssige Verbindung zwischen Schiebemuffe und Losrad erfolgt eine formschlüssige Verbindung zwischen Welle 503 und dem Gangrad 561 über das Losrad 560. Die axiale Verlagerung der Schiebemuffe 551 erfolgt mittels des Hebels, wie Schaltgabel, 570, der in eine im wesentlichen u-förmige Aufnahme radial außen an der Schiebemuffe formschlüssig eingreift. Zur axialen Verlagerung wird die Schiebemuffe mittels des Hebels gesteuert, wobei dazu der Aktor 571 von einer Steuereinheit angesteuert wird.

Zur Verschwenkung des Hebels 530 dient der Aktor 580.

Zur reibschlüssigen Verbindung zwischen Steg 550 und Losrad ist weiterhin eine Lastschaltkupplung 590 vorgesehen. Diese Lastschaltkupplung 590 ist derart als Reibungskupplung oder Lamellenkupplung ausgebildet, daß die zumindest einzelne Lamellen 592 sich radial außen an einem sich in axialer Richtung erstreckenden Arm des Stegs 550 drehfest abstützen und wiederum andere einzelne Lamellen 591 sich radial innen an dem sich in axialer Richtung erstreckenden Arm des Losrades 560 drehfest abstützen, wobei diese Lamellen in abwechselnder Reihenfolge angeordnet sind. Dazu weisen die Lamellen einen Reibbelagträger auf, auf dem gegebenenfalls beidseitig Reibbeläge angeordnet sind, die zum einen radial außen und zum anderen radial innen Aufnahmen oder Ausbuchtungen oder hervorstehende Elemente aufweisen, die mit Aufnahmen oder hervorragenden Elementen des Stegs oder des Losrads formschlüssig ineinander greifen. Wird der Hebel 530 in Gegenurzeigerrichtung betätigt, so stößt die eine axiale Seitenfläche des Lagerinnenrings, die von der Kupplung weg weist, gegen die Seitenfläche des Arms 560a und verschiebt diesen in axialer Richtung, so daß die Lamellen gegeneinander beaufschlagt werden und in reibschlüssiger Verbindung Losrad und Welle miteinander verbinden.

Die Fig. 8a zeigt ein Ausführungsbeispiel des erfindерischen Getriebes, bei welchem die Betätigung der Lamellenkupplung mittels des Hebels nicht über eine Hohlwelle 560a sondern über durch Öffnungen in der Wandung 500a hindurch greifende Stifte erfolgt. Dazu ist der Aufnahmebereich 531 des Hebels 530 mit einem scheibenförmigen Element 601 verbunden, das wiederum in formschlüssiger Verbindung mit zumindest einzelnen Bolzen 602 steht. Dazu sind die Bolzen mit der Scheibe vernietet. In einem anderen Ausführungsbeispiel sind Scheibe 601 und Bolzen 602 verschweißt oder verschraubt. In der Welle 503 sind Bohrungen 596 vorgesehen. Weiterhin ist es Kraftspeicher 595 vorgesehen, wie eine Feder.

An den Endbereichen der Bolzen innerhalb des Getriebegehäuses 500a, ist ein Axiallager 610 angeordnet, das sich mittels Wälzkörper 611 gegen das Losrad 560 axial abstützt, so daß bei einer Betätigung der Lamellenkupplung 590 die Axialkraft ausgehend von dem Hebel 530 über die Scheibe 601 auf die Bolzen 602, über das Axiallager 611 auf das Losrad 560 und von dort auf das Lamellenpaket erfolgt.

Die Fig. 9 zeigt schematisch ein Ausführungsbeispiel zur druckmittelbetätigten, wie hydraulischen, Betätigung der Anfahrkupplung und der Lastschaltkupplung. Ein Aktor mit beispielsweise einem elektromotorischen Antrieb mit einem nachgeordneten Getriebe mit einer Schubstange 702 betätigt einen Kolben 703 eines Geberzylinders 704. Der Kolben 703 ist innerhalb eines Raumbereiches 705 des Geberzylinders 704 axial verfahrbar. Der Kolben 703 teilt den Raumbereich 705 in einen axial vor dem Kolben liegenden Raumbereich 706 und in einen axial hinter dem Kolben liegenden Raumbereich 707 auf. Der Raumbereich 706 ist mittels der Fluidverbindung 710, wie Hydraulikleitung, mit einem Nehmerzylinder 720 verbunden. Der Raumbereich 707 ist mittels der Fluidverbindung 711, wie Hydraulikleitung, mit einem Nehmerzylinder 730 verbunden.

Wird der Kolben 703 über die Schnüffellochbohrung 712 hinaus in axialer Richtung auf die Hydraulikleitung 710 hin bewegt, schließt die Dichtung den Raumbereich 706 ab und unter weiterer axialer Verlagerung des Kolbens 703 wird der Nehmerzylinderkolben 721 in axialer Richtung verlagert, so daß mittels der Stößelstange 722 ein Ausrückhebel der Anfahrkupplung betätigbar ist und die Kupplung derart ausrückbar ist. Unter axialer Verlagerung des Kolbens 721 in die entgegengesetzte Richtung wird die Kupplung dann wieder eingerückt. Der Nehmerzylinder weist zwischen dem Kolben und der einen axialen Seitenwand einen Kraftspeicher 723 auf, der ein Rückholen des Kolbens 721 bei ausgerückter Kupplung aufgrund seiner Rückstellkraft unterstützt. Wird der Kolben wieder über die Schnüffellochbohrung 712 hinaus zurückgefahren, wird der Raumbereich 706 wieder drucklos geschaltet, da er mit dem Ausgleichsbehälter 740 verbunden wird.

Wird der Kolben 703 über die Schnüffellochbohrung 713 hinaus in axialer Richtung auf die Hydraulikleitung 711 hin bewegt, schließt die Dichtung 708 den Raumbereich 707 ab und unter weiterer axialer Verlagerung des Kolbens 703 wird der Nehmerzylinderkolben 731 in axialer Richtung verlagert, so daß mittels der Stößelstange 732 ein Ausrückhebel der



Lastschaltkupplung betätigbar ist und die Kupplung derart ausrückbar ist. Unter axialer Verlagerung des Kolbens 731 in die entgegengesetzte Richtung wird die Kupplung dann wieder eingerückt. Der Nehmerzylinder weist zwischen dem Kolben und der einen axialen Seitenwand einen Kraftspeicher 733 auf, der ein Rückholen des Kolbens 731 bei aus- 5  
gerückter Kupplung aufgrund seiner Rückstellkraft unterstützt. Wird der Kolben wieder über die Schnüffellochbohrung 713 hinaus zurückgefahren (in Richtung auf 710), wird der Raumbereich 707 wieder drucklos geschaltet, da er mit dem Aus-  
gleichsbehälter 740 verbunden wird.

Die Fig. 9a zeigt ein Ausführungsbeispiel, in welchem die Nehmerzylinder 720 und 730 innerhalb des Getriebes angeordnet sind. Der Nehmerzylinder 720 ist in einer Aufnahme der Gehäusewandung 500a aufgenommen, wobei Kolben- 10  
stange durch eine Öffnung im Gehäuse durch dieses hindurch ragt und den Ausrückhebel 530, der im Lager 531 drehbar gelagert ist, betätigt, indem die Kolbenstange gegen den Hebel 530 beaufschlagt wird. Zur Druckmittelversorgung ist die Fluidleitung 710, wie Hydraulikleitung, mit dem Geberzylinder verbunden.

Die Fig. 9a zeigt weiterhin ein Ausführungsbeispiel, in welchem der Nehmerzylinder 730 als Faltenbalgnehmerzylinder ausgebildet ist, der innerhalb des Getriebes an der Gehäusewandung 500a angeordnet ist. Die Hydraulikleitung 711 tritt von außen durch eine Öffnung der Wandung 500a hindurch und versorgt den Raumbereich innerhalb des Faltenbalgs 15  
801 mit Druckmittel. Der Faltenbalg ist dazu als kreisringförmiger Balg ausgebildet, der an seinem der Lamellenkupplung nahe liegenden Endbereich das Axiallager 611 zur Beaufschlagung des Losrades 560 und somit zur Beaufschlagung der Lamellenkupplung 590 trägt.

Der Nehmerzylinder 720 ist in einer Aufnahme der Gehäusewandung 500a aufgenommen, wobei Kolbenstange durch eine Öffnung im Gehäuse durch dieses hindurch ragt und den Ausrückhebel 530, der im Lager 531 drehbar gelagert ist, betätigt, indem die Kolbenstange gegen den Hebel 530 beaufschlagt wird. Zur Druckmittelversorgung ist die Fluidlei- 20  
tung 710, wie Hydraulikleitung, mit dem Geberzylinder verbunden.

Ein weiterer erfinderischer Gedanke bezieht sich auf Getriebe, wie Zahnradwechselgetriebe, mit einer Eingangswelle und einer Ausgangswelle und gegebenenfalls einer Vorgelegewelle, mit einer Mehrzahl von Zahnradpaaren mit einem ersten und einem zweiten Zahnrad, von welchen das erste Zahnrad mit einer ersten Welle drehfest verbunden ist und das zweite Zahnrad mit einer zweiten Welle mittels einer Schiebemuffe formschlüssig verbindbar ist, wobei da- 25  
durch eine Getriebeübersetzung schaltbar ist, jeweils zwei Zahnradpaare sind mit einer dazwischen angeordneten Schiebemuffe als Baugruppe angeordnet, die Zahnradpaare sind derart ausgestaltet, daß sie jeweils eine unterschiedliche Übersetzung von einer Vielzahl von Übersetzungen zwischen Eingangswelle und Ausgangswelle im geschalteten Zustand bewirken. Weiterhin bezieht sich ein weiterer erfinderischer Gedanke auf ein Getriebe, wie Zahnradwechselgetriebe, mit einer Eingangswelle und einer Ausgangswelle und gegebenenfalls einer Vorgelegewelle, mit einer Mehrzahl 30  
von Zahnradpaaren mit einem ersten und einem zweiten Zahnrad, von welchen das erste Zahnrad mit einer ersten Welle drehfest verbunden ist und das zweite Zahnrad mit einer zweiten Welle mittels einer Schiebemuffe formschlüssig verbindbar ist, wobei dadurch eine Getriebeübersetzung schaltbar ist, jeweils zwei Zahnradpaare sind mit einer dazwischen angeordneten Schiebemuffe als Baugruppe angeordnet, die Zahnradpaare sind derart ausgestaltet, daß sie jeweils eine unterschiedliche Übersetzung von einer Vielzahl von Übersetzungen zwischen Eingangswelle und Ausgangswelle im geschalteten Zustand bewirken, dadurch gekennzeichnet, daß bei zumindest einzelnen Baugruppen die beiden Zahnrad- 35  
paare einer Baugruppe jeweils eine Übersetzung aufweisen, die in einer aufsteigenden Aneinanderreihung der Übersetzungen des Getriebes nicht aufeinander folgen.

Die Erfindung betrifft weiterhin ein Getriebe, wie Zahnradwechselgetriebe, mit einer Eingangswelle und einer Ausgangswelle und gegebenenfalls einer Vorgelegewelle, mit einer Mehrzahl von Zahnradpaaren mit einem ersten und einem zweiten Zahnrad, von welchen das erste Zahnrad mit einer ersten Welle drehfest verbunden ist und jeweils das 40  
zweite Zahnrad mit einer zweiten Welle mittels einer Schiebemuffe formschlüssig verbindbar ist, wobei dadurch eine Getriebeübersetzung schaltbar ist, jeweils zwei Zahnradpaare sind mit einer dazwischen angeordneten Schiebemuffe als Baugruppe angeordnet, die Zahnradpaare sind derart ausgestaltet, daß sie jeweils eine unterschiedliche Übersetzung von einer Vielzahl von Übersetzungen zwischen Eingangswelle und Ausgangswelle im geschalteten Zustand bewirken. 45

Solche Getriebe sind in Kraftfahrzeugen allgemein bekannt. Diese Getriebe weisen diskrete Getriebeübersetzungen zwischen Eingang und Ausgang auf, die geschaltet werden können, wobei die Übersetzungen oder Gangstufen in einer aufsteigenden Reihenfolge (Gänge eins bis fünf oder sechs und Rückwärtsgang) sortierbar sind. Der erste Gang dient in der Regel zum Anfahren und Rangieren des Fahrzeuges, die höheren Gänge dienen der Fahrt des Fahrzeuges mit einer sogenannten langen Übersetzung also beispielsweise bei höheren Fahrzeuggeschwindigkeiten. Diesen Getriebe sind der- 50  
art aufgebaut, daß Baugruppen gebildet sind von zwei Zahnradpaaren und einer Schiebemuffe zwischen diesen Zahnradpaaren, wobei die jeweiligen Zahnradpaare eine unterschiedliche, aber in der Reihenfolge der Übersetzungen benachbarte Übersetzung aufweisen. So ist beispielsweise das Zahnradpaar des ersten Ganges mit dem Zahnradpaar des zweiten Ganges mit einer dazwischen liegenden Schiebemuffe zu einer Baugruppe zusammengefaßt. Das Schalten von dem ersten Gang in den zweiten Gang erfolgt durch die Verlagerung der Schiebemuffe von der Seite des Zahnradpaares des ersten Ganges zur Seite des Zahnradpaares des zweiten Ganges. Wird ein anderer Gang geschaltet, wird die Schiebemuffe zwischen den Zahnradpaaren des ersten und zweiten Ganges in die Mittelstellung gebracht und eine andere Schiebemuffe, beispielsweise des Dritten und vierten Ganges betätigt. Dies erfolgt in der Regel bei Handschaltgetrieben mittels der Schalt- und Wählbewegung eines Schalthebels, wobei bei, Schalten von dem ersten Gang in den zweiten Gang die Verschiebung der Schiebemuffe durch eine Längsbewegung des Schalthebels in der Schaltgasse der Gänge 1-2 erfolgt. 60

Insbesondere bei automatisiert betätigbaren Getrieben, bei welchen die Verschiebung der Schiebemuffen mittels einer Betätigungseinheit mit Antrieb gesteuert erfolgt, aber auch bei manuell schaltbaren Getrieben, ist bei den obigen Getrie- 65  
ben eine automatisierte Betätigung mit einer relativ geringen Schaltgeschwindigkeit verbunden, da das Herausnehmen beispielsweise des ersten Ganges und das Einlegen beispielsweise des zweiten Ganges seriell erfolgen muß. Bei automatisierten Getrieben kann die Wahl der Gänge oder Übersetzungen vom Fahrer erfolgen und über einen Geber, der vom Fahrer betätigbar ist an die Steuereinheit weitergegeben werden oder automatisiert durch ein in der Steuereinheit implementiertes Programm oder Verfahren erfolgen, wobei Motormoment-, Getriebedrehzahl- oder Motordrehzahlkennlinien implementiert sind, die bei Erreichen eines Schwellenwertes des Motormomentes, der Getriebedrehzahl und/oder der

Motordrehzahl ein Signal erzeugt, das einen Gangwechsel einleitet und durchführt.

Der vorliegenden Erfindung lag die Aufgabe zugrunde ein Getriebe der eingangs genannten Art zu schaffen, bei welchen die Schaltgeschwindigkeit deutlich erhöht werden kann. Dies hat den Vorteil, daß bei Getrieben mit Zugkraftunterbrechung die Zeiten der Zugkraftunterbrechung möglichst reduziert werden und diese Zugkraftunterbrechung für den Fahrer des Fahrzeuges nicht als unkomfortabel erscheinen.

Diese Aufgabe wird erfindungsgemäß dadurch gelöst, daß bei zumindest einzelnen Baugruppen die beiden Zahnradpaare einer Baugruppe jeweils eine Übersetzung aufweisen, die in einer ab- oder aufsteigenden Aneinanderreihung der Übersetzungen des Getriebes nicht aufeinander folgen. Unter einer Aneinanderreihung ist die Reihenfolge 1, 2, 3, 4, 5, (6) der Vorwärtsfahrgänge zu verstehen, wobei eine ab- oder aufsteigende Reihenfolge die Reihenfolge der Gänge oder Übersetzungen festlegt.

Weiterhin ist es zweckmäßig, wenn zumindest einzelne der Baugruppen vorgesehen sind, die Zahnradpaare aufweisen die von einer Schiebemuffe schaltbar sind, die eine Übersetzung aufweisen, die in einer aufsteigenden Aneinanderreihung der Übersetzungen nicht aufeinander folgen.

Ebenso ist es zweckmäßig, wenn in einer Baugruppe das Zahnradpaar zur Schaltung des ersten Ganges mit einem Zahnradpaar zur Schaltung eines der Gänge drei bis sechs oder des Rückwärtsganges R zusammengefaßt ist.

Auch ist es zweckmäßig, wenn in einer Baugruppe das Zahnradpaar zur Schaltung des zweiten Ganges mit einem Zahnradpaar zur Schaltung eines der Gänge vier bis sechs oder des Rückwärtsganges zusammengefaßt ist.

Weiterhin ist es zweckmäßig, wenn in einer Baugruppe das Zahnradpaar zur Schaltung des dritten Ganges mit einem Zahnradpaar zur Schaltung eines der Gänge eins, fünf sechs oder des Rückwärtsganges zusammengefaßt ist.

Es ist vorteilhaft, wenn in einer Baugruppe das Zahnradpaar zur Schaltung des vierten Ganges mit einem Zahnradpaar zur Schaltung eines der Gänge eins, zwei, sechs oder des Rückwärtsganges zusammengefaßt ist.

Zweckmäßig ist es, wenn in einer Baugruppe das Zahnradpaar zur Schaltung des fünften Ganges mit einem Zahnradpaar zur Schaltung eines der Gänge eins, zwei, drei oder des Rückwärtsganges zusammengefaßt ist.

Weiterhin ist es zweckmäßig, wenn die Schiebemuffen der einzelnen Baugruppen mittels zumindest eines Betätigungsmittels betätigt werden.

Vorteilhaft ist es, wenn das zumindest eine Betätigungsmittel mit einer Handhabe verbunden ist und die Getriebeübersetzung manuell mittels der Handhabe durchführbar ist.

Zweckmäßig ist es, wenn das zumindest eine Betätigungsmittel mit einer Betätigungseinheit mit Antrieb verbunden ist und die Getriebeübersetzung automatisiert von der Betätigungseinheit steuerbar ist.

Die Fig. 10 zeigt schematisch ein Getriebe 1001 eines Kraftfahrzeuges, welches einer Antriebseinheit 1002, wie Motor oder Brennkraftmaschine, und einer Kupplung 1003, wie Reibungskupplung, nachgeordnet ist. Das Getriebe weist eine Eingangswelle 1004 und eine Ausgangswelle 1005 auf. Die Eingangswelle 1004 ist mittels des Lagers 1010 innerhalb des Getriebegehäuses 1a drehbar gelagert und in radialer Richtung zentriert und gegebenenfalls in axialer Richtung gelagert.

Die Eingangswelle 1004 und die Ausgangswelle 1005 sind im wesentlichen koaxial angeordnet, wobei die Ausgangswelle im wesentlichen in der Verlängerung der Eingangswelle angeordnet ist. Die Ausgangswelle ist ebenfalls innerhalb des Getriebegehäuses gelagert und zentriert.

Das Getriebe 1001 verfügt weiterhin über eine Vorgelegewelle 1006. Die Vorgelegewelle 1006 steht über das Zahnradpaar 1007, 1008 in Antriebsverbindung mit der Eingangswelle 1004. Dabei ist das Zahnrad 1007 mit der Eingangswelle drehfest verbunden und das Zahnrad 1008 mit der Vorgelegewelle 1006.

Die Zahnräder 1011, 1012 und 1013, 1014 sind mit der Ausgangswelle 1005 drehfest verbunden. Die Zahnräder 1015, 1016 sind mit der Vorgelegewelle 1006 drehfest verbunden. Die Zahnräder 1017, 1018 und 1019, 1020 sind auf der Vorgelegewelle 1006 drehbar aufgenommen. Ebenso sind die Zahnräder 1021, 1022 auf der Ausgangswelle 1005 drehbar aufgenommen.

Die Zahnräder 1017, 1018 sind unter axialer Verlagerung der Schiebemuffe 1030 mit der Vorgelegewelle 1006 formschlüssig verbindbar. Gleiches gilt für die Zahnräder 1019, 1020, welche unter axialer Verlagerung der Schiebemuffe 1032 mit der Vorgelegewelle 1006 formschlüssig verbindbar sind. Dies gilt auch für die Zahnräder 1021, 1022, welche unter axialer Verlagerung der Schiebemuffe 1031 mit der Ausgangswelle 1005 formschlüssig verbindbar sind. Dabei kann nur jeweils ein Zahnrad mit einer Schiebemuffe gleichzeitig verbindbar sein, da die Schiebemuffe nur durch die axiale Verlagerung eine formschlüssige Verbindung zwischen Welle und Zahnrad erzeugt und die Schiebemuffe zwischen den Zahnrädern angeordnet ist. Im Betrieb des Getriebes ist es in der Regel so, daß immer nur maximal eine formschlüssige Verbindung zwischen einer Schiebemuffe und einem Zahnrad besteht, da dadurch eine feste Übersetzung zwischen der Ausgangswelle und der Vorgelegewelle geschaltet wird.

Das Getriebe 1001 weist wie dargestellt drei Baugruppen auf, die durch zwei Zahnradpaare und eine dazwischen angeordnete Schiebemuffe gebildet sind. Die eine Baugruppe A ist durch die Zahnradpaare 1011, 1017 und 1012, 1018 und die Schiebemuffe 1030 gebildet. Die zweite Baugruppe B ist durch die Zahnradpaare 1015, 1021 und 1016, 1022 und die Schiebemuffe 1031 gebildet.

Die dritte Baugruppe C ist durch die Zahnradpaare 1013, 1019 und 1014, 1020 und die Schiebemuffe 1032 gebildet.

Dabei bilden die Zahnräder 1011, 1017 beziehungsweise diese Zahnradpaarung die Übersetzung des ersten Ganges, die Zahnräder 1021, 1015 die Übersetzung des zweiten Ganges, die Zahnräder 1012, 1018 die Übersetzung des dritten Ganges, die Zahnräder 1022, 1016 die Übersetzung des vierten Ganges, die Zahnräder 1013, 1019 die Übersetzung des fünften Ganges und die Zahnräder 1014, 1020 mit dem Zwischenzahnrad 1040 die Übersetzung des Rückwärtsganges R.

Wie zu erkennen ist, bilden die Zahnradpaare des ersten und dritten Ganges erfindungsgemäß die erste Baugruppe und die Zahnradpaare des zweiten und vierten Ganges erfindungsgemäß die zweite Baugruppe. Dabei bilden also Zahnradpaare von nicht benachbarten Gängen, in aufsteigender Reihenfolge der Gänge betrachtet, je eine Baugruppe mit der entsprechenden Schiebemuffe.

Die Schiebemuffen 1030, 1031, 1032 zur Schaltung der Gänge des Getriebes 1001 werden durch die Betätigungseinheit 1051 betätigt, wie axial verlagert, wobei zwischen Betätigungseinheit 1051 und den Schiebemuffen jeweils eine Ver-



bindung 1050, wie ein Gestänge oder ein Seilzug oder ein Bowdenzug oder eine Schaltwelle vorgesehen ist. Die Betätigungseinheit kann einen Elektromotor und/oder einen druckmittelbetätigten Antrieb, wie beispielsweise eine Hydraulikeinheit, vorsehen.

Die Anordnung der Gänge 1, 3 und 2, 4 und 5, R als jeweils eine Baugruppe ist eine mögliche erfindungsgemäße Anordnung der Gänge des Fünfganggetriebes (fünf Vorwärtsfahrgänge) mit Rückwärtsgang R. Weitere mögliche Anordnungen sind in der folgenden Tabelle aufgeführt, wobei bei den in der Tabelle aufgeführten Ausführungsbeispielen jeweils zwei Baugruppen vorhanden sind, welche eine Anordnung von Gängen in nicht aufeinanderfolgender Reihenfolge vorsehen.

1,3	2,4	5,R
1,3	2,5	4,R
1,4	2,5	3,R
1,4	2,R	3,5
1,5	2,4	3,R
1,R	2,4	3,5

Weitere mögliche erfindungsgemäße Anordnungen sind in der folgenden Tabelle aufgeführt, wobei bei den in der Tabelle aufgeführten Ausführungsbeispielen jeweils eine Baugruppe vorhanden ist, welche eine Anordnung von Gängen in nicht aufeinanderfolgender Reihenfolge vorsieht.

1,3	2,R	4,5
1,4	2,3	5,R
1,5	2,3	4,R
1,5	2,R	3,4
1,R	2,5	3,4
1,2	3,5	4,R

Entsprechende erfindungsgemäße Getriebe könne auch beispielsweise mit einem Vierganggetriebe mit Rückwärtsgang (vier Vorwärtsfahrgänge) oder mit einem Sechsganggetriebe mit Rückwärtsgang (sechs Vorwärtsfahrgänge) ohne Beschränkung der Allgemeinheit ausgebildet werden.

Durch die erfindungsgemäße Ausbildung von Getrieben kann eine zeitliche Überschneidung von einzelnen Gangeinlege- und Gangherausnahmeschritten erfolgen. Es können also zumindest teilweise Betätigungen zeitlich parallel durchgeführt werden.

Die Fig. 11a zeigt eine erfindungsgemäße Ausführungsform, bei welcher die Elektromaschine 1101 parallel zur Getriebeeingangswelle 1102 angeordnet ist und über ein Zwischenzahnrad 1103 mit oder ohne Getriebe 1104 oder auch direkt das Schwungrad 1105 des Verbrennungsmotors 1106 antreiben kann oder mit diesem in Antriebsverbindung steht. Das Getriebe kann dabei zwischen Welle der Elektromaschine und dem Antriebsritzel der Elektromaschine geschaltet sein. Weiterhin ist eine Kupplung 1107 mit Dämpfer 1108 zu erkennen, sowie ein Betätigungsaktor 1109.

Die Fig. 11b zeigt eine erfindungsgemäße Ausführungsform, bei welcher die Elektromaschine 1111 koaxial zur Motorabtriebswelle 1110 und/oder Getriebeeingangswelle 1102 angeordnet ist und das Schwungrad 1105 des Verbrennungsmotors 1106 antreiben kann oder mit diesem in Antriebsverbindung steht. Weiterhin ist eine Kupplung 1107 mit Dämpfer 1108 zu erkennen, sowie ein Betätigungsaktor 1109. Die Elektromaschine 1111 besteht dabei aus einem Stator 1121, der gehäusefest angeordnet ist und einem Rotor 1113, der an einer motorseitigen Wandung des Schwungrades angeordnet ist. In einem weiteren erfindungsgemäßen Ausführungsbeispiel der Erfindung kann der Rotor auch radial außen am Schwungrad befestigt und angeordnet sein.

Die Fig. 11c zeigt eine erfindungsgemäße Ausführungsform, bei welcher die Elektromaschine 1120 koaxial zur Motorabtriebswelle 1110 und/oder Getriebeeingangswelle 1102 angeordnet ist und das Schwungrad 1105 des Verbrennungsmotors 1106 oder die Eingangswelle 1110 antreiben kann oder mit diesem in Antriebsverbindung steht. Weiterhin ist eine Kupplung 1107 mit Dämpfer 1108 zu erkennen, sowie ein Betätigungsaktor 1109. Die Elektromaschine 1120 besteht dabei aus einem Stator 1121, der gehäusefest angeordnet ist und einem Rotor 1122, der mit der Getriebeeingangswelle drehfest verbunden ist. Dies kann beispielsweise mittels des Dämpferausgangsteile erfolgen. In einem weiteren erfindungsgemäßen Ausführungsbeispiel der Erfindung kann der Rotor auch radial außen am Schwungrad befestigt und angeordnet sein.

Die Fig. 12 zeigt ein Getriebe 1200 mit Lastschaltkupplung 1201 zur Betätigung oder zum Einlegen des 1-ten oder 5-ten Ganges, vorzugsweise des höchsten Ganges oder zweier Gänge. Die Lastschaltkupplung 1201 verbindet somit den Antriebsmotor über die Getriebeeingangswelle 1202 mit der Abtriebswelle 1203. Die Lastschaltkupplung ist vorzugsweise als Reibkupplung ausgebildet.

Bei Fahrzeugen ist es zur Sicherstellung einer Parksperre gegen ein unbeabsichtigtes Wegrollen des Fahrzeuges an einer Steigung oder am Gefälle vorteilhaft, wenn diese Parksperre kostengünstig realisiert werden kann.

Das Getriebe der Fig. 12 ermöglicht eine solche Parksperre sicher, wenn ein Gang im Getriebe eingelegt wird, wobei die Zahnradgruppe des Ganges nicht mit der Lastschaltkupplung verbunden ist. Beispielsweise ist der 2. Gang eingelegt mit der Erkennung, der Gruppe Losrad 1210 und Gangrad 1211. Dabei ist das Losrad 1210 mittels der Kupplung, wie

formschlüssige Kupplung, 1213 mit der Welle 1214 verbunden. Wird anschließend die reibschlüssige Lastschaltkupplung 1201 eingerückt, wird der 1. Gang oder ein anderer Gang mit Lastschaltkupplung ebenfalls geschaltet und das Getriebe wird blockiert und der Abtrieb wird verriegelt.

In den vorhergehenden Figuren ist der Aufbau eines erfindungsgemäßen lastschaltenden Getriebes beschrieben.

- 5 Durch die Integration einer Elektromaschine in ein derartiges lastschaltendes Getriebe mit Lastschaltkupplung gegen den Abtrieb können die oben beschriebenen Vorteile erzielt werden. Besonders vorteilhaft ist der unterstützende Einsatz der Elektromaschine während den Schaltvorgängen und als Generator zur Rückspeisung kinetischer Energie in elektrische Energie. Mittels der Elektromaschine kann die mit einem Gangwechsel verbundene Zugkraftreduktion, selbst bei Vollastschaltungen, vollständig kompensiert werden. Des weiteren kann die Elektromaschine, insbesondere bei Teillastschaltungen, parallel zur Lastschaltkupplung zur Momentensteuerung des Abtriebsmomentes eingesetzt werden. Hierdurch sind Momentenverläufe in Schaltvorgängen realisierbar, die Momentenverläufe als Funktion der Drehzahl bei stufenlos einstellbaren Getrieben, wie CVT-Getrieben ähnlich sind. Zusätzlich kann die Elektromaschine unterstützend bei den kritischen Phasen eines Gangwechsel eingreifen, indem sie durch gesteuerte Momentenübertragung auf den Abtrieb die Momentenfreiheit der zu öffnenden Schaltkupplung sicher stellt. Der Synchronisationsvorgang des Getriebes kann ebenfalls durch den Einsatz der Elektromaschine aktiv verkürzt werden.

- 15 Das den Beschreibungen zu Grunde liegende Anordnungsschema des Lastschaltgetriebes mit integrierter Elektromaschine ist in Fig. 12 dargestellt. Es handelt sich um ein Vorgelegegetriebe mit einer Lastschaltkupplung 1201 die sowohl den ersten als auch den fünften Gang gegen den Abtrieb abstützen kann, je nach dem, in welcher Richtung die Kupplung 1201 geschaltet ist. Die Elektromaschine 1220 wirkt, je nach Ausführung, mit oder ohne Übersetzung auf die Getriebeeingangswelle, beispielsweise über eine Zahnradstufe oder einen Riemen oder eine andere Antriebsanordnung.

- 20 Vorteilhaft ist es, wenn die von der Elektromaschine 1220 auf den Getriebeeingang abgegebene Leistung kurzzeitig die Leistung des Verbrennungsmotor übersteigen kann, jedoch langfristig bedeutend weniger Leistung von der Elektromaschine übertragbar ist. In anderen Ausführungsvarianten ist es zweckmäßig, wenn die Elektromaschine eine geringere Leistung aufbringt als der Verbrennungsmotor.

- 25 Bezieht man den Elektromotor 1220 in den Schaltvorgang mit ein, so lassen sich Zug-Hochschaltungen im wesentlichen vollständig ohne Zugkraftunterbrechung ausführen. Die Beschleunigung des Fahrzeugs während der Gangwechselphasen wird dabei von der Lastschaltkupplung 1201, die während der Synchronisation des Getriebes Moment auf den Abtrieb überträgt, aufrecht gehalten. Da sich die Lastschaltkupplung am 5. Fahrgang des Getriebes befindet, fällt das Abtriebsmoment in den Phasen "alten Fahrgang heraus nehmen" und "neuen Fahrgang einlegen" bei Vollastschaltungen gemäß dem Übersetzungsverhältnis zwischen der Schaltkupplung des aktuellen Gangs und der Lastschaltkupplung ab. Bezogen auf das Momentenniveau nach einer (1 → 2) Schaltung entspricht dies einer Zugkraftreduktion auf 40%. Um diese Zugkraftreduktion vollständig abzubauen, steht das Moment des Elektromotors zur Verfügung, welcher parallel zum Verbrennungsmotor auf die Getriebeeingangswelle wirkt.

- 30 Nachfolgend werden die Schaltungsphasen einer (1 → 2) Zug-Hochschaltung unter Vollast mit Einsatz der Elektromaschine diskutiert. Die zugehörigen Momenten- und Drehzahlverläufe sind in den Fig. 13a und 13b dargestellt. Die Anfahrkupplung 1230 bleibt während des kompletten Schaltvorgangs geschlossen.

In den Fig. 13a und 13b sind Verläufe von Drehmomenten  $M$  und Drehzahlen  $n$  als Funktion der Zeit dargestellt. Dabei wird zwischen einzelnen Zeitbereichen a, b, c, d, e, f, g, h, i, j unterschieden, die in der Folge diskutiert werden.

#### 40 Bereich a

Zustand vor der Schaltung. Die Schaltkupplung des ersten Fahrgangs ist geschlossen und überträgt das maximale Motormoment auf den Abtrieb. Das Abtriebsmoment ergibt sich gemäß  $M_{ab} = M_{mot} \cdot i_{SK1}$  für ein vereinfachtes Modell.

Unter Berücksichtigung von Massenbeschleunigungen ergibt sich:

$$45 \quad M_{ab} = M_{mot} \cdot i_{SK1} - \sum_i J_i \cdot d\omega_i / dt$$

- mit den Massenträgheitsmomenten aus der Menge der folgenden Auflistung  $J_i = (J_{mot}; J_{Ku}; J_{KS}; J_{E-Masch}; J_{Ein}; J_{Aus}; J_{SR}; \dots)$  und den Drehzahlen der folgenden Menge  $\omega_i = (\omega_{mot}; \omega_{Ku}; \omega_{KS}; \omega_{E-Masch}; \omega_{Ein}; \omega_{Aus}; \omega_{SR}; \dots)$ , wobei die Indizes wie folgt gelten: Mot = Motor, Ku = Kupplung, KS = Kupplungsscheibe, E-Masch = Elektromaschine, Ein = Getriebeeingangswelle, Aus = Getriebeausgangswelle und SR = Schwungrad.

- Die Berücksichtigung der Massenträgheitsmomente äußert sich somit in dem letzten Summenterm der obigen Formel. Bei den folgenden Formeln für Drehzahlen und/oder Drehmomente ist eine solche Berücksichtigung nicht erfolgt. Sie gilt jedoch wie oben dargestellt und ist auch auf diese Formeln zu übernehmen.

#### 55 Bereich b

- Hier wird der Schaltvorgang eingeleitet. Die Lastschaltkupplung 1201 am fünften Fahrgang wird kontrolliert soweit geschlossen, daß sich ein Momentenniveau am Abtrieb einstellt, daß jenem nach der Schaltung entspricht

$$60 \quad (M_{ab}^{nach\_Schaltung} = M_{v\_Mot} \cdot i_{SK2}).$$

- 65 Nach den Gleichungen für den Reib- und Formscluß des lastschaltenden Getriebes beläuft sich dann das von der Lastschaltkupplung übertragene Moment auf

$$M_{LSK} = \frac{M_{GE} \cdot (i_{SK1} - i_{SK2})}{(i_{SK1} - i_{LSK})}$$

$M_{GE}$  bezeichnet dabei das auf den Getriebeeingang wirkende Moment.

#### Bereich c, d

Um die Schaltkupplung des eingelegten Ganges öffnen zu können, muß das gesamte Moment der Getriebeeingangswelle ( $M_{GE}$ ) von der Lastschaltkupplung auf den Abtrieb übertragen werden. Die Lastschaltkupplung wird also zumindest teilweise geschlossen und der Momentenstrom geht von der Schaltkupplung SK1 auf die Lastschaltkupplung (Lastschaltkupplung) über. Da  $i_{LSK} < i_{SK2}$  bedingt dies eine Reduktion des Abtriebsmomentes auf den Wert  $M_{ab} = M_{GE} \cdot i_{LSK}$ . Durch den Einsatz der Elektromaschine in dieser Schaltungsphase kann die Zugkraftreduktion kompensiert werden. Das Moment der Elektromaschine wird hierzu kurzzeitig angehoben, so daß sich ein Momentenniveau  $M_{GE} = M_{V\_Mot} + M_{E\_Mot}$  an der Getriebeeingangswelle 1202 einstellt. Das Momentenniveau kann derart gewählt werden, daß sich ein konstantes Abtriebsmoment ergibt. Da jetzt der Momentenstrom ausschließlich über die Lastschaltkupplung verläuft, ist die Schaltkupplung des aktuellen Ganges momentenfrei und kann geöffnet werden.

#### Bereich e, f

Bei einer Zug-Hochschaltung muß der Verbrennungsmotor und der Getriebeeingang auf eine geringere Drehzahl abgebremst werden, um die Schaltkupplung des neu einzulegenden Ganges bei Synchrondrehzahl schließen zu können. Der Synchronisationsvorgang wird mit Hilfe der Lastschaltkupplung und einem unterstützenden Motoreingriff stark beschleunigt. Die Lastschaltkupplung ist weiterhin geschlossen und überträgt Moment auf den Abtrieb. Der Verbrennungsmotor wird in den Schubzustand überführt wodurch Motor und Getriebeeingang mit der Summe aus Motormoment und Lastschaltkupplung-Moment abgebremst werden. Das Moment des Elektromotors wird in dieser Phase ebenfalls auf Null reduziert.

In einer weiteren erfindungsgemäßen Variante kann die aktive Abbremsung des Verbrennungsmotors und der Getriebeeingangswelle auch durch die Elektromaschine erfolgen. In diesem Fall würde die Elektromaschine als Generator wirken und die kinetische Energie von Verbrennungsmotor und Getriebeeingang in elektrischen Strom umwandeln. Der Synchronisationsvorgang wird hierdurch aktiv verkürzt. Eine solche Strategie ist in den Fig. 14a und 14b dargestellt.

#### Bereich g, h

Kurz vor Erreichen der Zieldrehzahl wird das Motormoment entsprechend dem Fahrerwunschmoment anhand der Gaspedalbetätigung auf den entsprechenden Wert oder den Maximalwert angehoben. Da weiterhin der Momentenstrom über die Lastschaltkupplung am fünften Gang erfolgt, muß, um ein konstantes Abtriebsmoment sicher zu stellen, der Elektromotor parallel zum Verbrennungsmotor Moment auf den Abtrieb übertragen. Da das gesamte Moment der Getriebeeingangswelle über die Lastschaltkupplung auf den Abtrieb übertragen wird, ist die Schaltkupplung des neu einzulegenden Ganges momentenfrei und kann bei Synchrondrehzahl geschlossen werden. Die Steuerung der Drehzahl von Motor und Getriebeeingang kann dabei komfortabel über den Elektromotor erfolgen.

#### Bereich i, j

Ist die Schaltkupplung des einzulegenden Ganges geschlossen, so wird das Moment des Elektromotors zurück genommen und die Lastschaltkupplung geöffnet. Der Momentenstrom geht dann stetig von der Lastschaltkupplung auf die Schaltkupplung über und der Schaltvorgang ist abgeschlossen.

Vollast Zug-Rückschaltungen können ebenfalls mit Hilfe eines unterstützenden Elektromotor Eingriffs vollständig oder teilweise ohne Zugkraftreduktion ausgeführt werden. Der Elektromotor überträgt hierbei parallel zum Verbrennungsmotor Moment auf den Getriebeeingang. Dieses Moment wird dann einerseits für die Beschleunigung des Verbrennungsmotors samt Getriebeeingangswelle auf Synchrondrehzahl verwendet und andererseits, über die Lastschaltkupplung und den fünften Fahrgang am Abtrieb abgestützt. Die Schaltung kann komplett ohne Motoreingriff oder Ansteuerung der Anfahrkupplung erfolgen. Eine unterstützende Ansteuerung des Verbrennungsmotors oder der Anfahrkupplung ist möglich. Die Momenten- und Drehzahlverläufe der nachfolgend beschriebenen Schaltstrategien sind in den Fig. 15a, 15b und 16a, 16b dargestellt.

#### Bereich a

Zustand vor der Schaltung. Die Schaltkupplung SK3 überträgt das maximale Motormoment auf den Abtrieb. Das Abtriebsmoment ist durch  $M_{ab} = M_{V\_Mot} \cdot i_{SK3}$  gegeben.

#### Bereich b, c

Jetzt wird der Schaltvorgang eingeleitet. Hierzu wird die Lastschaltkupplung am fünften Gang geschlossen und die Schaltkupplung des aktuellen Ganges entlastet. Damit das Abtriebsmoment in dieser Phase nicht einbricht, muß parallel zum Verbrennungsmotor Moment vom Elektromotor auf die Getriebeeingangswelle übertragen werden. Bei vollständig geschlossener Lastschaltkupplung muß das Moment des Elektromotors auf

$$M_{E\_Mot} = M_{V\_Mot} \cdot \left( \frac{i_{SK3}}{i_{LSK}} - 1 \right)$$

angehoben werden, damit eine Zugkraftreduktion unterbleibt. Überträgt die Lastschaltkupplung das vollständige Moment auf den Abtrieb, ist die aktuelle Schaltkupplung momentenfrei und kann geöffnet werden.

#### Bereich d-g

Bei einer Zug-Rückschaltung ist der Getriebeeingang samt Verbrennungsmotor auf eine höhere Synchrongeschwindigkeit zu beschleunigen. Da der Motor bereits sein maximales Moment zur Verfügung stellt (Vollastschaltung), kann die zur Synchronisation benötigte Energie nur von dem Elektromotor aufgebracht werden (vorausgesetzt das von der Lastschaltkupplung auf den Abtrieb übertragene Moment soll konstant bleiben). Das Moment des Elektromotors wird also angehoben und der Getriebeeingang samt Verbrennungsmotor auf eine höhere Drehzahl beschleunigt. Die Lastschaltkupplung schlupft und überträgt derweil ein Moment auf dem Abtrieb, das dem Niveau vor der Schaltung entspricht.

Vor Erreichen der Synchrongeschwindigkeit wird das Moment des Elektromotors reduziert, um einerseits Momentenfreiheit der zu schließenden Schaltkupplung sicher zu stellen und andererseits den Synchrongeschwindigkeitsbereich sicher und komfortabel einstellen zu können. Sind beide Randbedingungen erfüllt, wird die Schaltkupplung SK2 geschlossen.

#### Bereich h, i

Jetzt wird die Lastschaltkupplung geöffnet und der Momentenstrom geht auf die Schaltkupplung SK2 über. Parallel dazu wird das Moment des Elektromotors auf Null reduziert und der Schaltvorgang ist abgeschlossen.

Oben wurden Schaltvorgänge unter Vollast diskutiert. Dabei wurde gezeigt, wie ein Elektromotor, der parallel zum Verbrennungsmotor Moment auf die Getriebeeingangswelle überträgt, die Zugkraftreduktion in Schaltungsphasen kompensiert. Die Möglichkeit das auf den Getriebeeingang wirkende Moment schnell und exakt durch den Elektromotor beeinflussen zu können, bietet die Möglichkeit den Verlauf des Abtriebsmomentes in Schaltvorgängen variabel zu gestalten. Hierdurch sind Momentenverläufe in Teillastschaltungen realisierbar, die denen eines CVT-Getriebes ähneln. Diese Möglichkeit der Momentensteuerung bietet sich bevorzugt bei automatisierten Teillastschaltungen an. Da der Elektromotor nicht nur zusätzliches Moment auf den Getriebeeingang übertragen kann, sondern gleichfalls den Getriebeeingang bremsen kann, kann der Momentenverlauf insgesamt geglättet werden.

In den Fig. 17a, 17b sind die Momentenverläufe einer (1 → 2) Teillast Zug-Hochschaltung dargestellt, die mit Hilfe eines Elektromotors und einer Lastschaltkupplung derart gestaltet wurden, daß sich ein kontinuierlicher Übergang zwischen den Abtriebsmomenten vor und nach der Gangschaltung einstellt. Der Vergleich zwischen der Teillast Zug-Hochschaltung ohne Elektromotor Eingriff (grau gezeichneter Momentenverlauf) und mit Elektromotor Eingriff (schwarz gezeichneter Momentenverlauf) veranschaulicht die "glättende" Wirkung der Elektromaschine auf den Verlauf des Abtriebsmomentes.

Der Eingriff des Elektromotors in den Schaltungsablauf umfaßt hierbei sowohl die Abbremsung (Phasen b, c) als auch die Beschleunigung der Getriebeeingangswelle (Phasen e, f). Ein Eingriff in die Motorsteuerung oder eine Ansteuerung der Anfahrkupplung ist für die dargestellte Schaltstrategie nicht erforderlich. Die bei dem Bremsvorgang der Getriebeeingangswelle zu Beginn der Schaltung frei werdende kinetische Energie wird dabei in der Elektromaschine, die dann als Generator wirkt, in elektrische Energie umgewandelt, zwischen gespeichert und zum Ende der Schaltung dem Getriebeeingang erneut zugeführt.

Die Funktionen der Elektromaschine während Schaltvorgängen:

- Zusätzliches Moment auf den Getriebeeingang übertragen (also die Getriebeeingangswelle sowohl beschleunigen als auch abbremsen, Zugkraftreduktion in Schaltphasen)
- Energie umverteilen (die zu Beginn einer Schaltung dem Getriebeeingang entzogene kinetische Energie zwischen speichern und zum Ende wieder einspeisen, CVT-Charakteristik im Momentenverlauf erzeugen)
- Momentenfreiheit der zu betätigenden Schaltkupplungen des Getriebes herstellen
- Die Drehzahl des Getriebeeingangs steuern und regeln (synchronisieren).

Die Erfindung betrifft weiterhin ein Getriebe, wie Lastschaltgetriebe, bei welchem ein Zugkrafteinbruch oder eine Zugkraftunterbrechung dadurch aufgefüllt wird, daß der Verbrennungsmotor aktiv durch eine Lastschaltkupplung gegen den Antriebsstrang gekuppelt wird und dadurch gebremst wird.

Das in der Fig. 18 dargestellte Getriebe zeigt schematisch ein Getriebe mit zwei Massen mit entsprechenden Massenträgheitsmomenten, die Motormasse  $J_{mot}$  1301 und die auf den Abtrieb reduzierte Fahrzeugmasse  $J_{ab}$  1302. Außerdem sind zwei Übersetzungen ( $i_{SK1}$  und  $i_{SK2}$ ) zwischen denen mit Hilfe zweier formschlüssigen Schaltkupplungen 1303 und 1304 (SK1 und SK2) hin und her geschaltet werden kann und eine Lastschaltkupplung 1305 (LSK) in Form einer Reibungskupplung dargestellt, welche an einem höheren Gang ( $i_{LSK}$ ), beispielsweise dem 5. Gang, wirkt. Zwischen Motor-  
masse 1301 und der Eingangswelle 1306 ist eine Kupplung, wie Anfahrkupplung 1307 (AK) angeordnet. Die Übersetzungen der Gänge  $i_{SK1}$  und  $i_{SK2}$  sind mittels Zahnradpaaren 1310, 1311, 1312, 1313 realisiert, wobei jeweils ein Zahnrad als Gangrad und ein Zahnrad als Losrad angeordnet ist. Dabei sind beispielsweise die Gangräder 1310 und 1312 mit der Getriebeeingangswelle verbunden und die Losräder 1311 und 1313 mit einer Vorgelegewelle oder Ausgangswelle 1314. Die Lastschaltkupplung verbindet die Getriebeeingangswelle mit der Ausgangswelle über ein Zahnradpaar 1320, 1321.

In den folgenden Fig. 19 bis 23 werden Schaltabläufe für Zug-Hochschaltungen beispielsweise unter Vollast dargestellt. Die Figuren zeigen Diagramme von Drehmomentenverläufen  $M$  als Funktion der Zeit  $t$ , zeitliche Entwicklungen

von Drehzahlen  $n$  und die Kupplungszustände für eine Zug-Hochschaltung unter Vollast. Die Momente  $M$  sind dabei zur Vereinfachung auf das maximale Motormoment und die Drehzahlen auf die Abtriebsdrehzahl normiert. Im folgenden wird die Fig. 19 und darin dargestellte Drehmoment- und Drehzahlverläufe dargestellt.

Der Bereich a zeigt den Zustand vor der Schaltung. In diesem Schritt ist das Motormoment maximal ( $M_{\text{mot}} = 1$ ). Somit ergibt sich für den alten Gang beispielsweise ein Abtriebsmoment von  $M_{\text{mot}} \cdot i_1$ , im vorliegenden Ausführungsbeispiel in der Größenordnung von 3,5, welches dann von der Schaltkupplung SK1 1303 übertragen wird. Die Lastschaltkupplung 1305 ist geöffnet und überträgt kein Drehmoment. Entsprechend gibt das kleine symbolische Teilbild den Drehmomentübertragungspfad über die Kupplung SK1 an.

Der Bereich b zeigt den Verlauf zu Beginn der Schaltung. In diesem Schritt wird die Lastschaltkupplung 1305 zumindest langsam geschlossen. Die Anfahrkupplung 1307 bleibt geschlossen. Bei zunehmendem Moment der Lastschaltkupplung 1305 nimmt das Moment an der Schaltkupplung 1303 ab.

Es gilt:  $M_{\text{mot}} = M_{\text{LSK}} + M_{\text{SK1}}/i_{\text{SK1}}$ .

Überträgt die Lastschaltkupplung so viel Moment, daß die Schaltkupplung kein Moment mehr überträgt ergeben sich folgende Gleichungen:

$$M_{\text{LSK}} = M_{\text{mot}} \text{ für } M_{\text{SK1}} = 0$$

$$M_{\text{ab}} = M_{\text{LSK}} \cdot i_{\text{LSK}} = M_{\text{mot}} \cdot i_{\text{LSK}} \text{ für } M_{\text{SK1}} = 0.$$

Zu diesem Zeitpunkt kann der alte Gang, gebildet mit den Zahnrädern und der Kupplung 1310, 1311, 1303, herausgenommen werden und die Kupplung 1303 geöffnet werden.

Die obigen Gleichungen zeigen, daß es zweckmäßig ist, wenn das Abtriebsmoment auf den Wert  $M_{\text{mot}} \cdot i_{\text{LSK}}$  abfällt. Die Gleichungen zeigen auch, daß mit dem Motormoment  $M_{\text{mot}}$  das Momentenniveau beeinflusst werden kann. Es ist zweckmäßig, wenn das Motormoment  $M_{\text{mot}}$  zu diesem Zeitpunkt so groß wie möglich ist, unter der Voraussetzung der Vollast.

Im Bereich c beginnt als nächster Steuerungsschritt die Motorsynchronisation. Da kein Formschluß mehr zwischen Motor und Abtrieb gegeben ist, kann die Drehzahl des Motors durch anliegende Momente gesteuert werden. Zwei Momente stehen zur Steuerung der Motordrehzahl zur Verfügung. Zum einen das Motormoment selbst, und zum anderen das Moment der Lastschaltkupplung. Das Moment der Lastschaltkupplung ist vorteilhaft eine komfortbestimmende Größe, da es proportional dem Abtriebsmoment ist. In Schritt c wird das Drehmoment der Lastschaltkupplung LSK so weit angehoben, daß das Abtriebsmoment im wesentlichen etwa jenes Niveau erreicht, welches sich nach dem Schaltvorgang einstellt. Nach der Schaltung wird unter Vollast ein Abtriebsmoment von beispielsweise  $M_{\text{ab}} = M_{\text{motmax}} \cdot i_{\text{SK2}} = 2$  erreicht. Um dieses Abtriebsmoment zu erreichen ist es zweckmäßig, wenn das Drehmoment der Lastschaltkupplung 1305 auf  $M_{\text{motmax}} \cdot \varphi_{2-L}$  angehoben wird:

$$M_{\text{LSK}} = \frac{M_{\text{ab nach Schaltung}}}{i_{\text{LSK}}} = \frac{M_{\text{motmax}} \cdot i_{\text{SK2}}}{i_{\text{LSK}}} = M_{\text{motmax}} \cdot \varphi_{2-L}$$

Das erfindungsgemäße Zahlenbeispiel ergibt ein 2,5faches Motormoment. Das Drehmoment der Lastschaltkupplung bremst den Motor 1301. Um diesen Vorgang schnellstmöglich abzuschließen kann im Bereich c das Motormoment vorteilhaft zurückgenommen werden, wie auf ein maximales Schubmoment. Somit addieren sich die beiden Momente und bremsen den Motor ab. Die Drehzahl von Motor 1301, Eingangswelle 1306 und mit ihr verbundene Radsätze sinkt.

Im nächsten Schritt der Steuerung wird im Bereich d das neue Niveau des Abtriebsmomentes mit beispielsweise  $M_{\text{LSK}} = M_{\text{motmax}} \cdot \varphi_{2-L}$  erreicht und beibehalten, auch der Motor bremst beispielsweise mit seinem maximalen Schleppmoment, der Synchronisiervorgang wird fortgesetzt.

Im nächsten Schritt der Steuerung wird im Bereich e kurz vor Erreichen der Synchrondrehzahl das Motormoment  $M_{\text{mot}}$  wieder angehoben. Hierdurch verringert sich die Drehbeschleunigung. Durch die geringere Drehbeschleunigung des Motors ist es leichter, die Drehzahl, genauer gesagt den Drehzahlbereich, zu treffen, um den Gang sicher einlegen zu können.

Im nächsten Schritt der Steuerung verharrt der Motor im Bereich f, bis zumindest nahezu Drehzahlgleichheit zwischen Eingangsteil und Ausgangsteil der Schaltkupplung SK2 erreicht ist. Bei Drehzahlgleichheit wird die Schaltkupplung SK2 eingerückt oder geschlossen.

Im nächsten Schritt der Steuerung wird im Bereich g die Lastschaltkupplung 1305 geöffnet. Vor dem Öffnen der Lastschaltkupplung ist die Schaltkupplung SK2 geschlossen. Da die Lastschaltkupplung immer noch reibt bricht das Abtriebsmoment zumindest teilweise ein. In besonderen Fällen kann beispielsweise bei Vollast sogar ein Richtungswechsel des Drehmomentes erfolgen. Diese Momentenänderung oder ein Momentensprung ist auf die Systemänderung oder einen Systemsprung von reinem Reibschluß auf die Kombination Reibschluß mit Formschluß zurückzuführen.

Vorteilhaft ist es bei einem erfindungsgemäßen Getriebe, wenn die Lastschaltkupplung in diesem Zustand geöffnet wird. Die Lastschaltkupplung wird in vorteilhafter Weise schnell geöffnet. Bei einem anderen vorteilhaften Ausführungsbeispiel kann es zweckmäßig sein, wenn die Lastschaltkupplung nicht vollständig aber auf eine Einrückposition mit geringerem von der Kupplung übertragbarem Drehmoment eingestellt wird.

Im nächsten Schritt der Steuerung, im Bereich h, zeigt Fig. 19 den Zustand nach der Schaltung. Das Motormoment  $M_{\text{mot}}$  ist maximal ( $M_{\text{mot}} = 1$ ), somit ergibt sich für den neuen Gang ein Abtriebsmoment von beispielsweise  $M_{\text{mot}} \cdot i_2 = 2$ , welches dann von der Schaltkupplung SK2 übertragen wird.

Die Fig. 20 zeigt einen zeitlichen Ablauf eines Schaltvorganges mit einem Einspielen bei einer Drehzahldifferenz an der Schaltkupplung von  $\Delta_{\text{SK}} = 0$  und einer Winkelbeschleunigung von  $\alpha_{\text{mot}} = 0$  und bei einem Motormoment von  $M_{\text{mot}} = \text{max}$ . Die zu dieser Figur nicht beschriebenen Schritte oder Bereiche entsprechen im wesentlichen den Schritten oder Bereichen der Fig. 19.

Das Diagramm zeigt, wie sich das System beim Einspuren der Schaltkupplung verhält, wenn Drehzahlgleichheit oder Beschleunigungsgleichheit an der Schaltkupplung gegeben ist und der Motor nicht beschleunigt wird. Am Motor liegt in diesem Falle maximales Motormoment und ein ebenso großes Lastschaltmoment, also ein Moment das von der Lastschaltkupplung übertragen wird, an. Vor dem Einlegen des neuen Ganges wird das von der Lastschaltkupplung übertragbare Drehmoment nicht beibehalten sondern so weit zurückgenommen, daß das Motormoment gleich dem Moment der Lastschaltkupplung ist. Der Motor wird in einer solchen Situation nicht mehr beschleunigt oder so schnell wie der Abtrieb beschleunigt und der Gang kann eingelegt werden. Abschließend kann die Lastschaltkupplung geöffnet werden.

In einem Steuerungsschritt im Bereich e wird das Motormoment angehoben, um die Motorbeschleunigung zu verringern.

- 10 In einem weiteren Steuerungsschritt im Bereich f wird das Motormoment beibehalten, bis die Drehzahl des Motors oder von Eingang und Ausgang der Kupplung SK2 einen Drehzahlbereich zum Einlegen des Ganges erreicht haben.

In einem weiteren Steuerungsschritt im Bereich g wird kurz vor Erreichen der Synchrodrehzahl die Lastschaltkupplung so weit geöffnet, daß das Moment der Lastschaltkupplung dem Motormoment gleich oder dieses aufhebt. Der Motor ändert also seine Drehzahl nicht mehr. Unter dieser Bedingung kann der Gang ohne Momentensprung eingelegt werden.

- 15 Im nächsten Steuerungsschritt im Bereich h wird der Motor nicht mehr beschleunigt und der neue Gang wird eingelegt. Der Vorteil dieses Verfahrens liegt darin, daß durch das Einlegen des Ganges kein Momentenstoß mehr induziert wird. Der Übergang vom reibenden System (LSK) zum reibenden + formschlüssigen System (LSK + SK2) geht glatt ineinander über. Ein Systemsprung ergibt sich nicht.

- 20 Im Bereich i wird als weiterer Steuerungsschritt die Lastschaltkupplung vollständig geöffnet bis nur noch die Schaltkupplung SK2 das Motormoment überträgt. Hierdurch steigt das Moment an der Schaltkupplung auf das Abtriebsmoment an.

Im Bereich j wird als weitere Steuerungsschritt der Schaltvorgang abgeschlossen und das Motormoment bestimmt das Abtriebsmoment  $M_{Ab}$ .

- 25 Die Fig. 21 zeigt einen zeitlichen Ablauf eines Schaltvorganges mit einem Einspuren bei einer Drehzahldifferenz oder Drehmomentdifferenz an der Schaltkupplung von  $\Delta s_k = 0$  und, einer Winkelbeschleunigung von  $\alpha_{mot} = 0$  und bei einem Motormoment von  $M_{mot} = \max$ . Die zu dieser Figur nicht beschriebenen Schritte oder Bereiche entsprechen im wesentlichen den Schritten oder Bereichen der Fig. 19. In diesem Ausführungsbeispiel wird vor Einlegen des neuen Ganges die Lastschaltkupplung vollständig geöffnet.

- 30 Wird auch das Moment des Motors auf einen geringen Wert oder auf Null reduziert, so wird der Motor nicht mehr beschleunigt und der Gang kann eingelegt werden. Abschließend wird das Moment des Motors auf das gewünschte Abtriebsmoment angehoben.

Im nächsten Steuerungsschritt im Bereich e wird das Motormoment angehoben um die Motorbeschleunigung zu verringern.

- 35 Im nächsten Steuerungsschritt im Bereich f wird das Motormoment beibehalten, bis der Drehzahlbereich zum Einlegen des Ganges erreicht ist. Im nächsten Steuerungsschritt im Bereich g wird kurz vor Erreichen der Synchrodrehzahl zwischen Eingang und Ausgang der SK2 die Lastschaltkupplung geöffnet. Gleichzeitig wird auch das Motormoment so weit reduziert, daß der Motor im wesentlichen nicht mehr beschleunigt. Unter dieser Bedingung kann der Gang im wesentlichen ohne Momentensprung eingelegt werden.

- 40 Im nächsten Steuerungsschritt im Bereich h wird der Motor im wesentlichen nicht mehr beschleunigt und der neue Gang wird eingelegt. Der Vorteil dieses Verfahrens liegt darin, daß durch das Einlegen des Ganges im wesentlichen kein Momentenstoß mehr induziert wird.

Im nächsten Steuerungsschritt im Bereich i wird das Motormoment auf das gewünschte Abtriebsmoment angehoben.

- 45 Im nächsten Steuerungsschritt im Bereich j wird der Schaltvorgang abgeschlossen und das Motormoment bestimmt das Abtriebsmoment.

- Die Fig. 22 zeigt einen zeitlichen Ablauf eines Schaltvorganges mit einem schnellen Ausspuren. Die zu dieser Figur nicht beschriebenen Schritte oder Bereiche entsprechen im wesentlichen den Schritten oder Bereichen der Fig. 19 oder der anderen Fig. 20 und 21. Diese Figur zeigt eine Steuerungsvariante auf, bei welcher durch schnelles Schließen der Lastschaltkupplung der Zugkrafteinbruch beim Herausnehmen des Ganges zeitlich verkürzt werden kann. Wird der Zugkrafteinbruch stark verkürzt, so wird der Fahrer den Einbruch wahrscheinlich nicht bemerken, es kann das Gefühl entstehen, daß die Schaltung Zugkraftunterbrechungsfrei ist.

Im nächsten Steuerungsschritt im Bereich a wird der Zustand vor der Schaltung gezeigt. Das Motormoment ist maximal ( $M_{mot} = 1$ ), somit ergibt sich für den alten Gang ein Abtriebsmoment von beispielsweise  $M_{mot} \cdot i_1 = 3.5$ , welches dann von der Schaltkupplung SK1 übertragen wird.

- 55 Im nächsten Steuerungsschritt im Bereich b beginnt die Schaltung. Die Lastschaltkupplung LSK wird langsam geschlossen. Die Anfahrkupplung AK 1307 bleibt geschlossen. Das Moment wird so weit reduziert, bis das Momentenniveau dem Momentenwert des neuen Ganges entspricht. Dies kann einstufig oder auch mehrstufig in mehreren Schritten erfolgen. In der Fig. 22 wird der Abbau im Bereich b zuerst mit einer festen Steigung des Momentes durchgeführt, bis zu einem späteren Zeitpunkt der Abbau mit einer anderen betragsmäßig größeren Steigung erfolgt.

- 60 Im nächsten Steuerungsschritt im Bereich c wird das Moment der Lastschaltkupplung kontinuierlich oder stetig angehoben, so daß die Schaltkupplung SK1 kein Moment mehr überträgt. Es kann der alte Gang herausgenommen werden.

- Im nächsten Steuerungsschritt im Bereich d beginnt die Motorsynchronisation. Die Lastschaltkupplung LSK wird eingerückt. Das Moment das von der Lastschaltkupplung übertragen wird, das Lastschaltmoment, wird so weit angehoben bis das Abtriebsmoment jenes Niveau erreicht, welches sich nach dem Schaltvorgang einstellt. Nach der Schaltung wird unter Vollast oder unter einer geringeren Lastbedingung beispielsweise ein Abtriebsmoment von  $M_{Ab} = M_{motmax} \cdot i_{SK2} = 2$  erreicht. Um dieses Abtriebsmoment zu erreichen muß die Lastschaltkupplung bezüglich ihres Moment erhöht werden oder die Kupplung weiter eingerückt werden. Das Zahlenbeispiel ergibt 2.5faches Motormoment. Das Lastschaltmoment bremsen den Antriebsmotor. Um diesen Vorgang zu beschleunigen wird im Bereich e das Motormoment zurückgenommen



auf maximales Schubmoment. Somit addieren sich die beiden Momente und bremsen den Motor ab. Die Drehzahl von Motor, Eingangswelle und mit ihr verbundene Radsätzen fällt ab.

Die Fig. 23 zeigt einen zeitlichen Ablauf eines Schaltvorganges einer Zug-Hoch-Schaltung im Teillastbereich. Die zu dieser Figur nicht beschriebenen Schritte oder Bereiche entsprechen im wesentlichen den Schritten oder Bereichen der Fig. 19 oder der anderen Fig. 20 bis 22. Diese Figur zeigt Schaltabläufe für Zug-Hochschaltungen unter Teillast auf.

Der erste Schritt zeigt in dem Bereich a den Zustand vor der Schaltung. Das Motormoment ist auf Teillast, beispielsweise  $M_{\text{mot}} = 0.3$ , somit ergibt sich für den alten Gang ein Abtriebsmoment von beispielsweise  $M_{\text{ab}} = M_{\text{mot}} \cdot i_1 = 1.05$ , welches dann von der Schaltkupplung 1 übertragen wird.

Im nächsten Steuerungsschritt im Bereich b beginnt die Schaltung. Gleichzeitig werden das Lastschaltmoment und das Motormoment angehoben.

Im nächsten Schritt der Steuerung im Bereich c beginnt die Motorsynchronisation. Das Moment der Lastschaltkupplung wird langsam gesenkt, bis das Abtriebsmoment das Niveau erreicht, welches sich nach dem Schaltvorgang einstellt. Nach der Schaltung wird bei beispielsweise 30% Teillast ein Abtriebsmoment von beispielsweise  $M_{\text{ab}} = M_{\text{mot}} \cdot i_{\text{SK2}} = 0.6$  erreicht.

Im nächsten Schritt im Bereich d wird kurz vor Erreichen der Synchrondrehzahl das Motormoment so weit angehoben, bis bei Drehzahlgleichheit ein Gleichgewichtszustand zwischen Motormoment und Lastschaltkupplung erreicht ist.

In den Bereichen d und e wird die Schaltkupplung SK2 geschlossen. Es tritt im wesentlichen kein Momentensprung auf, da sich aufgrund des Momentengleichgewichtes am Verbrennungsmotor das Abtriebsmoment bei Reibschluß und Reib + Formschluß im wesentlichen gleich ist.

Im Bereich e wird die Lastschaltkupplung geöffnet und das Motormoment auf das nach der Schaltung gewünschte Momentenniveau, beispielsweise  $M_{\text{mot}} = 30\%$ , reduziert. Wenn dann die Lastschaltkupplung geöffnet ist, ist der Schaltvorgang beendet.

Im Bereich f ist der Schaltvorgang abgeschlossen.

Die Fig. 24 bis 49 zeigen in Diagrammen und Blockschaltbildern die Vorgehensweise bei erfindungsgemäßen Schaltvorgängen. Dabei sind in den Diagrammen Drehmomente  $M$ , Drehzahlen  $n$  und der Kupplungseintrückzustand als Funktion der Zeit  $t$  dargestellt. Die Indizierung von  $M$  und  $n$  ist wie folgt: Mot steht für Drehmoment und Drehzahl des Motors, SK1 der Schaltkupplung SK1, SK2 der Schaltkupplung SK2, ab des Abtriebs (Abtriebswelle) und LSK für die Lastschaltkupplung LSK. Die Abkürzungen sind gemäß der Fig. 18 verwendet.

Die Schaltstrategien werden mittels einer erfindungsgemäßen Steuerung des Schaltvorgangs durch den kombinierten Einsatz von Anfahr- und Lastschaltkupplung sowie der Steuerung des Motormoments, beispielsweise durch einen Motoreingriff mittels Motorsteuerung realisiert. Hierdurch können variable Drehmomentverläufe während der Schaltphasen realisiert werden und dadurch flexibel auf sich ändernde Fahrsituationen reagiert werden. Dies erzielt einen komfortablen Schaltablauf.

Gezeigt wird, daß bei einem erfindungsgemäßen Getriebe mit Lastschaltkupplung (LSK) beispielsweise am höchsten Fahrgang des Getriebes unter Vollast, Zug-Hoch- und Zug-Rückschaltungen mit stark verminderter Zugkraftunterbrechung steuerbar sind. Befindet sich eine (zweite) LSK beispielsweise am kleinsten Fahrgang des Getriebes, so können Schub-Rück- und Schub-Hochschaltungen zumindest im wesentlichen ohne Zugkraftunterbrechung gestaltet werden.

Schaltstrategien, die an die jeweilige Fahrsituation bzw. den Fahrerwunsch angepaßt sind, können durch die kombinierte Ansteuerung von Motor, Lastschaltkupplung und Anfahrkupplung realisiert werden.

In der Fig. 24 wird ein Ablauf einer Zug-Hochschaltungen unter Vollast dargestellt, eine Zug-Hochschaltung (Gang 1 nach Gang 2) ohne Lastschaltkupplung bei maximalem Motormoment  $M_{\text{mot}} = \text{max}$ . Zug-Hochschaltungen können in Abhängigkeit von der jeweiligen Fahrsituation einen kritischen Schaltungstyp darstellen. Insbesondere bei Überholvorgängen oder Bergfahrten ist die mit einer Schaltung verbundene Zugkraftunterbrechung als kritisch zu bewerten. Um das Potential eines Lastschaltgetriebes (LSG) mit Lastschaltkupplung (LSK) aufzuzeigen, wird zunächst eine Zug-Hochschaltung ohne Einsatz der Lastschaltkupplung beschrieben. Die Momenten- und Drehzahlverläufe sind in Fig. 24 dargestellt.

Im Bereich a ist der Zustand vor der Schaltung dargestellt. Das Motormoment ist beispielsweise maximal (Vollastschaltung,  $M_{\text{mot}} = 1$ ) und es ergibt sich für den alten Gang ein Abtriebsmoment von beispielsweise  $M_{\text{ab}} = i_{\text{SK1}} \cdot M_{\text{mot}} = 3.5$ , welches dann von der Schaltkupplung SK1 auf den Abtrieb übertragen wird. Im Bereich b beginnt die Schaltung. Das Motormoment wird auf Null reduziert, um Momentenfreiheit während des Auskuppeln des aktuellen Fahrgangs sicher zu stellen. Die Anfahrkupplung bleibt dabei geschlossen. Da weiterhin Formschluß zwischen Motor und Abtrieb besteht, die Schaltkupplung SK1 ist geschlossen, fällt das Abtriebsmoment entsprechend dem Motormoment mit  $M_{\text{mot}} \cdot i_{\text{SK1}}$  auf Null ab. Im Bereich c ist das Motormoment auf Null gesunken, so kann der alte Gang, beispielsweise der 1. Gang heraus genommen werden und die Motorsynchronisation kann beginnen. Da nun kein Formschluß mehr zwischen Motor und Abtrieb gegeben ist, kann die Drehzahl des Motors allein durch das anliegende Motormoment mittels der Motorsteuerung gesteuert werden.

Im Bereich d wird die Getriebeeingangswelle gebremst. Bei einer Zug-Hochschaltung ist die zu erreichende Synchrondrehzahl kleiner als die Drehzahl vor der Schaltung. Folglich muß die Getriebeeingangswelle abgebremst werden. Hierzu steht in diesem Fall nur das maximale Schleppmoment des Verbrennungsmotor (in der Größenordnung von ca. 30 Nm je nach Motor) zur Verfügung. Im Bereich e wird die Motorsynchronisation fortgesetzt. Da der Motor für die Beschleunigung des Getriebeeingangs benötigt wird, steht kein Abtriebsmoment für das Fahrzeug zur Verfügung. Die Zugkraft des Fahrzeugs ist unterbrochen. Im Bereich f, also kurz vor Erreichen der Synchrondrehzahl wird das Motormoment von seinem negativen Wert des Schleppmoments auf Null angehoben. Die Motorbeschleunigung fällt auf Null ab und der Drehzahlbereich, in dem der neue Fahrgang sicher eingelegt werden kann, wird schneller und einfacher erreicht und sichergestellt.

Im Bereich g ist die Drehzahlgleichheit zwischen der Eingangsdrehzahl und der Ausgangsdrehzahl der Schaltkupplung SK2 hergestellt und die Schaltkupplung SK2 ist momentenfrei. Der neue Gang kann sicher eingelegt werden. In den Bereichen h und i wird das Motormoment entsprechend dem Fahrerwunschkmoment, gemäß des Grades der Gaspedalbe-

tätigung, auf seinen Maximalwert angehoben. Da der Formschluß zwischen Motor und Abtrieb wieder hergestellt ist, verläuft das Abtriebsmoment beispielsweise entsprechend  $M_{ab} = i_{SK2} \cdot M_{mot} = 2$  und die Schaltung ist beendet. Die hier vorgestellten Schaltstrategien beschreiben Schaltvorgänge bei geschlossener Anfahrkupplung, siehe Fig. 24 unten vorletztes Teilbild. Für einen erhöhten Komfort der Schaltung in den Phasen "Gangherausnehmen" und "Gangeinlegen" ist es vorteilhaft, wenn die Momentenfreiheit der jeweiligen Schaltkupplung gewährleistet ist. Diese wird bei Schaltungen ohne LSK allein durch eine Steuerung des Motormomentes realisiert. Dabei wird eine entsprechend genaue Regelung des Motormomentes vorausgesetzt. Die Momentenfreiheit der Schaltkupplung bei Schaltvorgängen kann, wie bei konventionellen Schaltgetrieben, sicher auch über die Betätigung der Anfahrkupplung erfolgen. Hierzu wird die Anfahrkupplung, während der alte Gang heraus genommen und der neue Fahrgang eingelegt wird, kurz geöffnet. Siehe hierzu Fig. 24 unten. Die Fig. 25 zeigt den zeitlichen Ablauf einer Zug-Hochschaltung beispielsweise von Gang 1 nach Gang 2 mit einer Lastschaltkupplung LSK am 5. Gang bei einem maximalen Motormoment  $M_{mot} = \max$ . Die im vorangegangenen Kapitel beschriebene Zugkraftunterbrechung bei der Synchronisation des Getriebes kann durch den Einsatz einer Lastschaltkupplung, die am höchsten Fahrgang (Overdrive) angebracht ist und den Getriebeeingang aktiv gegen den Abtrieb bremst, zumindest vermindert werden. Bei Zug-Hochschaltungen, die in extremen Fahrsituationen (Bergfahrt, Überholvorgang) unter Vollast durchgeführt werden, ist ein lang andauernder Einbruch der Fahrzeugbeschleunigung während des Schaltvorgangs zu vermeiden. Der Komfort der Schaltung (Geräuscentwicklung, Fahrzeugschwingungen etc.) spielen bei einem solchen Schaltvorgang eine bezüglich Akzeptanz eine Rolle. Mit Hilfe einer schnellen Reduktion des Motormomentes und darauf folgendem Schließen der LSK, kann erreicht werden, daß nur für einen minimal Zeitraum eine vollständige Reduktion der Zugkraft des Fahrzeugs auftritt. Im Bereich a ist der Zustand vor der Schaltung dargestellt. Das Motormoment ist maximal ( $M_{mot} = 1$ ) und es ergibt sich für den alten Gang ein Abtriebsmoment von beispielsweise  $M_{ab} = i_{SK1} \cdot M_{mot} = 3,5$ , welches dann von der Schaltkupplung SK1 auf den Abtrieb übertragen wird. Im Bereich b wird das Motormoment auf Null reduziert, um die Schaltkupplung SK1 bei Momentenfreiheit öffnen zu können. In den Bereichen c und d ist der alte Fahrgang herausgenommen. Es ist vorteilhaft, den Getriebeeingang schnellstmöglich auf die neue Synchrohdrehzahl abzubremzen. Hierzu können nun zwei Effekte verwendet werden. Zum einen wird der Motor bei geschlossener Anfahrkupplung in den maximalen Schubzustand versetzt. Des weiteren wird die LSK soweit geschlossen, daß ein Moment entsprechend dem Momentenniveau nach der Schaltung auf den Abtrieb übertragen wird. Das Getriebe und der Motor werden dadurch schnellstmöglich abgebremst und gleichzeitig Moment auf den Abtrieb übertragen. In dieser Phase ist das Abtriebsmoment durch  $M_{ab} = i_{LSK} \cdot M_{LSK}$  bestimmt. Im Bereich e wird kurz vor Erreichen der Zieldrehzahl das Motormoment vorteilhaft schnellstmöglich auf Null angehoben und die LSK gleichzeitig vollständig geöffnet. Hierdurch ist zum einen Momentenfreiheit an der einzulegenden Schaltkupplung (SK2) sichergestellt und zum zweiten wird die Beschleunigung des Motors auf Null reduziert, wodurch die Zielsynchrohdrehzahl genauer und leichter erreicht werden kann. In den Bereichen f und g ist die Momentenfreiheit hergestellt und die neue Zieldrehzahl in bezug auf die Schaltkupplung SK2 erreicht, die Schaltkupplung SK2 kann geschlossen werden und somit der neue Fahrgang eingelegt werden. Anschließend wird das Motormoment entsprechend dem Fahrerwunschmoment angehoben und der Schaltvorgang ist beendet. Die Fig. 26 ist eine weitere vorteilhafte erfindungsgemäße Variante dargestellt, die eine geringe Zugkraftunterbrechung erlaubt. Die kombinierte Steuerung von Motormoment und von der LSK übertragbare Drehmoment eröffnet die Möglichkeit, den Verlauf des Abtriebsmomentes sowie die Synchronisationszeit aktiv zu beeinflussen. Nachfolgend wird eine Schaltstrategie für eine Zug-Hochschaltung unter Vollast mit einer geringen oder gegebenenfalls minimalen Zugkraftunterbrechung vorgestellt.

Im Bereich a ist ein Zustand vor der Schaltung dargestellt. Das Motormoment ist maximal ( $M_{mot} = 1$ ) und es ergibt sich für den alten Gang ein Abtriebsmoment von beispielsweise  $M_{ab} = i_{SK1} \cdot M_{mot} = 3,5$ . Gemäß eines weiteren Ausführungsbeispiels ist das maximale Motormoment keine Beschränkung der Allgemeinheit. Entsprechende Schaltvorgänge können auch bei geringerem Motormoment durchgeführt werden.

Bereich b wird der Schaltvorgang eingeleitet. Die Lastschaltkupplung LSK wird langsam eingerückt geschlossen. Die Anfahrkupplung AK bleibt geschlossen. Das Abtriebsmoment kann durch das von der Lastschaltkupplung übertragene Drehmoment gesteuert werden und wird auf das Momentenniveau des neu einzulegenden Gangs reduziert. Im Bereich c wird das übertragbare Drehmoment der Lastschaltkupplung LSK auf den Wert des Motormomentes angehoben, so daß die Schaltkupplung SK1 kein Moment mehr überträgt. Im Bereich d ist die Momentengleichheit hergestellt, der Gang kann herausgenommen werden. Im Bereich e beginnt die Motorsynchronisation.

Das Motormoment  $M_{mot}$  wird auf das maximale Schleppmoment reduziert und das Moment an der Lastschaltkupplung  $M_{LSK}$  so geregelt, daß sich ein Abtriebsmoment einstellt, das dem Momentenniveau nach der Schaltung entspricht. Somit ergibt sich mit  $M_{ab} = M_{ab\_nach\_Schaltung}$  das einzustellende Lastschaltmoment zu

$$M_{LSK} = \frac{M_{mot} \cdot i_{SK2}}{i_{LSK}}$$

Im Bereich f überträgt die Lastschaltkupplung LSK ein Drehmoment auf den Abtrieb, welches sich nach dem Gangwechsel einstellen wird. Gleichzeitig wird der Getriebeeingang mit der Summe aus Motormoment und Moment an der Lastschaltkupplung auf die neue Synchrohdrehzahl verzögert. Dies kann zur Verkürzung der Synchronisationszeit vorteilhaft eingesetzt werden. Im Bereich g wird kurz vor Erreichen der Zieldrehzahl das Motormoment entsprechend dem Fahrerwunschmoment (maximales Motormoment) angehoben und das Moment der Lastschaltkupplung LSK auf gleiches Niveau abgesenkt. Hierdurch ist zum einen Momentenfreiheit an der einzulegenden Schaltkupplung (SK2) sichergestellt und zum zweiten wird die Beschleunigung des Motors zumindest nahezu auf Null oder die Beschleunigung der beiden Hälften der einzulegenden Kupplung nahezu gleich sind reduziert, wodurch die Zielsynchrohdrehzahl leichter eingeregelt werden kann.

Im Bereich h ist die Momentengleichheit hergestellt und die neue Zieldrehzahl erreicht. Die Schaltkupplung SK2 kann geschlossen werden und der neue Fahrgang ist eingelegt. Das System geht über von Reibschluß mit  $M_{ab} = i_{LSK} \cdot M_{LSK}$  in



ein System mit Reib- und Formschluß mit  $M_{ab} = i_{LSK} \cdot M_{LSK} + M_{SK2}$ . Da  $M_{SK2} = 0$ , ist dieser Übergang stetig. In den Bereichen i und j wird das Drehmoment der Lastschaltkupplung schnellstmöglich auf 0 reduziert und das übertragene Moment geht beispielsweise auf  $M_{ab} = i_{SK2} \cdot M_{mot} = 2$  über.

Die hier vorgestellten Schaltstrategien beschreiben Zug-Hochschaltungen bei geschlossener Anfahrkupplung. Der Komfort der Schaltung in den Phasen "Gang-herausnehmen" und "Gangeinlegen" setzt dabei die Momentenfreiheit oder bei gleicher Beschleunigung von Motordrehzahl und Abtriebsdrehzahl bei Erreichen der Synchrondrehzahl der jeweiligen Schaltkupplung voraus. Diese wird bei Schaltungen ohne LSK durch eine Zurücknahme des Motormomentes realisiert.

Beim Einsatz der LSK findet ein Übergang des Momentenstroms von der Schalt- zur Lastschaltkupplung statt. Die Güte der Momentenregelung ist bei beiden Strategien der Komfort bestimmende Faktor. Durch die Betätigung der Anfahrkupplung während dieser Schaltungsphasen, kann der Schaltkomfort gesteigert werden.

Die Fig. 27 zeigt eine erfindungsgemäße Variante mit einem weichen Momentenverlauf. Die Steuerung der Momentenführung während des Synchronisationsvorganges bietet die Möglichkeit, auch den Komfort des Schaltvorgangs aktiv zu beeinflussen. Die in Fig. 27 gezeigte zeitliche Entwicklung von Momentenverläufen für eine Zug-Hochschaltung unter Vollast, stellt eine erfindungsgemäße Alternative zur Erreichung eines komfortablen Schaltablaufes dar, bei welchen Sprünge in der Momentenführung vermieden werden. Die Abläufe in den einzelnen Phasen sind nahezu identisch mit der vorher beschriebenen Strategie gemäß Fig. 26. Der wesentliche Unterschied ist die langsamere und stetige Erhöhung des Drehmomentes der Lastschaltkupplung LSK, die im Ausführungsbeispiel zweistufig oder auch mehrstufig gesteuert wird und gemäß Fig. 27 linear oder andersartig monoton steigend gesteuert wird. Der Anstieg erfolgt über einen längeren Zeitraum, so daß ein sanfteres Schaltgefühl resultiert.

Die Fig. 28 zeigt ein Blockschaltbild 1400 zur Erläuterung einer Zug-Hochschaltung beispielsweise bei Vollast. In Block 1401 wird der Schaltvorgang mittels eines Schaltabsichtssignales ausgelöst. Dieses kann beispielsweise durch eine vom Fahrer des Fahrzeuges ausgelöste Betätigung oder automatisiert von einem Steuerprogramm erfolgen. In Block 1402 wird die Lastschaltkupplung LSK soweit geschlossen oder das von ihr übertragbare Drehmoment so weit erhöht, daß das gesamte an liegende Motormoment von der LSK übertragbar ist. In Block 1403 wird abgefragt, ob das an der Schaltkupplung SK1 anliegende Drehmoment  $M_{SK1}$  etwa auf Null abgefallen ist. Ist dies der Fall, wird in 1404 die Schaltkupplung SK1 geöffnet. Andernfalls wird die LSK bei 1402 weiter geschlossen.

In Block 1405 wird das Motormoment reduziert. Diese Reduzierung kann vorzugsweise auf den Wert des maximalen Schleppmomentes erfolgen oder auf einen anderen reduzierten Wert. Ebenfalls wird das von der Lastschaltkupplung übertragbare Drehmoment  $M_{LSK}$  auf einen Wert gemäß einer Schaltstrategie eingestellt. In Block 1406 wird abgefragt, ob die Motordrehzahl  $n_{mot}$  größer ist als ein vorgegebbarer Grenzwert. Ist dies nicht der Fall, wird bei 1405 fortgefahren. Ist dies der Fall, wird bei 1407 das Motormoment  $M_{mot}$  auf einen erhöhten Wert, wie beispielsweise den Maximalwert erhöht. Auch wird in Block 1407 das von der Lastschaltkupplung übertragbare Drehmoment auf einen erhöhten Wert, wie den des Motormomentes erhöht. In Block 1408 wird abgefragt, ob die Motordrehzahl  $n_{mot}$  eine Zieldrehzahl  $n_{sync}$  erreicht hat und ob die Differenz der zeitlichen Ableitungen der motorseitigen Drehzahl und der abtriebsseitigen Drehzahl an der Schaltkupplung des neuen Ganges betragsmäßig kleiner als eine vorgebbare Konstante vorzugsweise kleiner als 1 sind. Ist dies der Fall, wird bei 1409 die Schaltkupplung SK2 des neu einzulegenden Ganges eingerückt, bei 1410 die Lastschaltkupplung geöffnet und bei 1411 der Schaltvorgang beendet. Andernfalls wird bei 1407 fortgefahren.

Die Fig. 29 zeigt ein Blockschaltbild 1450 zur Erläuterung einer Zug-Hochschaltung beispielsweise bei Teillast. In Block 1451 wird der Schaltvorgang mittels eines Schaltabsichtssignales ausgelöst. Dieses kann beispielsweise durch eine vom Fahrer des Fahrzeuges ausgelöste Betätigung oder automatisiert von einem Steuerprogramm erfolgen. In Block 1452 wird die Lastschaltkupplung LSK soweit geschlossen oder das von ihr übertragbare Drehmoment so weit erhöht, daß das gesamte anliegende Motormoment von der LSK übertragbar ist. In Block 1453 wird abgefragt, ob das an der Schaltkupplung SK1 anliegende Drehmoment  $M_{SK1}$  etwa auf Null abgefallen ist. Ist dies der Fall, wird in 1454 die Schaltkupplung SK1 geöffnet. Andernfalls wird die LSK bei 1452 weiter geschlossen. In Block 1455 wird das Motormoment reduziert. Diese Reduzierung kann vorzugsweise auf den Wert des maximalen Schleppmomentes erfolgen oder auf einen anderen reduzierten Wert. Ebenfalls wird das von der Lastschaltkupplung übertragbare Drehmoment  $M_{LSK}$  auf einen Wert gemäß einer Schaltstrategie eingestellt. In Block 1456 wird abgefragt, ob die Motordrehzahl  $n_{mot}$  größer ist als ein vorgegebbarer Grenzwert. Ist dies nicht der Fall, wird bei 1455 fortgefahren. Ist dies der Fall, wird bei 1457 das Motormoment  $M_{mot}$  auf einen erhöhten Wert angehoben. Auch wird in Block 1457 das von der Lastschaltkupplung übertragbare Drehmoment auf einen erhöhten Wert, wie den des Motormomentes erhöht. In Block 1458 wird abgefragt, ob die Motordrehzahl  $n_{mot}$  eine Zieldrehzahl  $n_{sync}$  erreicht hat und ob die Differenz der zeitlichen Ableitungen der Motordrehzahl und der Abtriebsdrehzahl betragsmäßig kleiner als eine vorgebbare Konstante vorzugsweise kleiner als 1 sind. Ist dies der Fall, wird bei 1459 die Schaltkupplung SK2 des neu einzulegenden Ganges eingerückt, bei 1460 die Lastschaltkupplung geöffnet und bei 1461 der Schaltvorgang beendet. Andernfalls wird bei 1457 fortgefahren.

Es folgt ein Vergleich der Zug-Hochschaltung mit und ohne die Betätigung einer Lastschaltkupplung gemäß der Fig. 18. Dabei ist die Fig. 18 derart gestaltet, daß für die Erläuterung nicht benötigte Gangstufen und deren Elemente nicht dargestellt sind. Dies ist aber keine Beschränkung der Allgemeinheit. Als Synchronisationshilfe kann erfindungsgemäß eine Elektromaschine oder ein Elektromotor beispielsweise als Starter-Generator verwendet werden. Auch kann mittels einer erfindungsgemäßen Betätigung einer Lastschaltkupplung eine Synchronisationshilfe erreicht werden. Die Lastschaltkupplung stellt ein erfindungsgemäßes Mittel dar, um einerseits den Synchronisationsvorgang deutlich zu beschleunigen und andererseits den Zugkrafteinbruch während der Synchronisationsphase zu reduzieren. Die Synchronisationszeit kann durch das Motormoment und das Moment der Lastschaltkupplung gesteuert werden.

In den folgenden Figuren werden Schaltabläufe für Zug-Rückschaltungen unter Vollast dargestellt und erläutert. Die Fig. 30 zeigt in einem Diagramm als zeitliche Darstellung eine Zug-Rückschaltung vom 2. Gang zum 1. Gang) ohne die Betätigung einer Lastschaltkupplung LSK bei maximalem Motormoment  $M_{mot} = \max$ . Das Diagramm der Fig. 30 zeigt die Momentenverläufe, die Drehzahlen und die Kupplungszustände für eine Zug-Rückschaltung unter Vollast, wobei die bereits oben beschriebenen Indizes verwendet werden. Die Momente sind auf das maximale Motormoment und die

Drehzahlen auf die Abtriebsdrehzahl normiert.

Im Bereich a ist der Zustand vor der Schaltung dargestellt. Das Motormoment  $M_{\text{mot}}$  ist maximal ( $M_{\text{mot}} = 1$  normiert) und es ergibt sich für den alten Gang ein Abtriebsmoment von beispielsweise  $M_{\text{ab}} = i_{\text{SK2}} \cdot M_{\text{mot}} = 2$ . Im Bereich b beginnt die Schaltung. Das Motormoment wird auf Null reduziert, um Momentenfreiheit während des Schaltvorgangs sicherzustellen. Die Anfahrkupplung AK bleibt dabei geschlossen. Da weiterhin Formschluß zwischen Motor und Abtrieb besteht (Schaltkupplung SK2 ist ebenfalls geschlossen), fällt das Abtriebsmoment entsprechend dem Motormoment mit  $M_{\text{mot}} \cdot i_{\text{SK2}}$  ab. Im Bereich c ist das Motormoment auf Null gesunken, kann der alte Gang heraus genommen werden, das heißt die Schaltkupplung SK2 wird ausgerückt. Im Bereich d beginnt die Motorsynchronisation. Da nun kein Formschluß mehr zwischen Motor und Abtrieb gegeben ist, kann die Drehzahl des Motors  $n_{\text{mot}}$  durch das anliegende Motormoment  $M_{\text{mot}}$  gesteuert werden. Um eine kurze Synchronisationszeit zu gewährleisten, kann das Motormoment auf seinen Maximalwert angehoben werden.

Im Bereich e ist das Motormoment maximal und beschleunigt den Getriebeeingang auf Synchrondrehzahl des neu einzulegenden Ganges. Bei dieser Strategie steht während der Synchronisationsphase kein Moment für die Beschleunigung des Fahrzeugs zur Verfügung, das bedeutet, daß eine Zugkraftunterbrechung resultiert. Im Bereich f ist die Motordrehzahl und damit die Getriebeeingangsdrehzahl auf die Zieldrehzahl des einzulegenden Ganges angestiegen. Das Motormoment wird abgebaut. Diese Momentenreduktion kann bereits vor oder bei dem Erreichen der Zieldrehzahl der Getriebeeingangswelle eingeleitet werden. Hierdurch verringert sich die Drehbeschleunigung des Motors und es ist leichter den Synchrondrehzahlbereich zu treffen, um den neuen Gang sicher einlegen zu können.

Im Bereich g wird bei Drehzahlgleichheit oder gleicher Drehbeschleunigung die Schaltkupplung SK1 geschlossen und der Formschluß zwischen Motor und Abtrieb ist erneut hergestellt. In den Bereichen h und i wird das Motormoment entsprechend dem Fahrerwunschmoment gemäß der Gaspedalbetätigung angehoben. Das Abtriebsmoment ist dabei durch  $M_{\text{ab}} = i_{\text{SK1}} \cdot M_{\text{mot}}$  bestimmt.

Die Fig. 31 zeigt in einem zeitlichen Ablauf eine Zug-Rückschaltung von einem 2. Gang zum 1. Gang mit der Betätigung einer Lastschaltkupplung LSK am 5. Gang bei maximalem Motormoment  $M_{\text{mot}} = \text{max}$ . Es wird gezeigt wie sich das Getriebe während des Rückschaltvorgangs verhält, wenn mit Hilfe einer Lastschaltkupplung die Zugkraftunterbrechung in der Synchronisationsphase teilweise kompensiert wird. Die kombinierte Steuerung des Motormomentes beispielsweise über einen Motoreingriff mittels der Motorsteuerung zur Erhöhung/Reduzierung des Motormomentes oder der Motordrehzahl und des von der Lastschaltkupplung übertragenen Momentes erlauben es, auch bei diesem Schaltungstyp den Momentenverlauf während des Schaltvorgangs vorteilhaft variabel zu gestalten. Hierdurch sind unterschiedliche Schaltstrategien realisierbar.

Die Fig. 31 zeigt eine Schaltstrategie oder einen Ablauf eines Schaltvorganges mit einem schnellen Lasteinbruch.

Im Bereich a ist Zustand vor der Schaltung dargestellt. Das Motormoment ist maximal ( $M_{\text{mot}} = 1$ ). Im Bereich b wird der Schaltvorgang eingeleitet, indem bei geschlossener Anfahrkupplung das Motormoment auf ein Niveau gesenkt wird, welches während der Synchronisationsphase von der LSK bereit gestellt werden kann. Im Bereich c wird um den aktuellen Gang heraus nehmen zu können, die Schaltkupplung SK2 momentenfrei oder beschleunigungsfrei bezüglich Drehzahldifferenzen zwischen An- und Abtrieb gestellt. Dies wird in dieser Schaltungsvariante durch eine schnellstmögliche Reduktion des Motormomentes auf Null realisiert. Ist dies erreicht, kann die aktuelle Schaltkupplung SK2 geöffnet werden. Das Abtriebsmoment folgt in dieser Variante dem Motormoment und erfährt ebenfalls einen Nulldurchgang.

In den Bereichen d und e beginnt die Synchronisation des Getriebes. Da der Getriebeeingang auf eine höhere Drehzahl zu beschleunigen ist, wird das Motormoment gegebenenfalls auf seinen Maximalwert angehoben. Um parallel hierzu ein Drehmoment für die Beschleunigung des Fahrzeugs bereit zu stellen, wird die Lastschaltkupplung LSK teilweise geschlossen. Das vom Motor bereit gestellte Moment wird also einerseits für die Beschleunigung des Motors selbst mit der Getriebeeingangswelle verwendet und andererseits für die Beschleunigung des Fahrzeugs eingesetzt. Das von der LSK übertragene Momentenniveau regelt hierbei das Verzweigungsverhältnis des Motormomentes. In den Bereichen f und g wird zumindest kurz vor Erreichen der Synchrondrehzahl das Motormoment und das von der Lastschaltkupplung LSK übertragene Moment auf Null reduziert. Hierdurch fällt die Motorbeschleunigung ab und der Synchrondrehzahlbereich kann leichter getroffen werden. Da das Abtriebsmoment während der Synchronisation dem von der LSK übertragenen Moment folgt, zeigt die Fahrzeugbeschleunigung ebenfalls einen Nulldurchgang. Ist die Synchrondrehzahl erreicht und die Momentenfreiheit der zu schließenden Schaltkupplung SK1 sicher gestellt, kann der neue Fahrgang eingelegt werden. Anschließend wird das Motormoment schnellstmöglich soweit angehoben, daß sich ein Abtriebsmoment einstellt, das dem Momentenniveau während der Synchronisationsphase entspricht. In den Bereichen h und i, nachdem der neue Fahrgang eingelegt ist, wird das Motormoment entsprechend dem Fahrerwunschmoment angehoben und der Schaltvorgang ist abgeschlossen.

In der Fig. 32 wird eine Zug-Rückschaltung ohne Motoreingriff als zeitlichen Verlauf dargestellt. Es wird eine Zug-Rückschaltung vorgestellt, die vollständig ohne Steuerung des Motormomentes während des Schaltvorgangs durchgeführt werden kann. Obwohl das Motormoment auf seinem Maximalwert verbleibt, kann ein unerwünschtes Hochdrehen des Motors vermieden werden. Im Bereich a ist der Zustand vor der Schaltung dargestellt. Das Motormoment ist maximal ( $M_{\text{mot}} = 1$ ). Im Bereich b beginnt die Schaltung. Die Lastschaltkupplung LSK wird geschlossen. Die Anfahrkupplung AK bleibt während des Schaltvorgangs geschlossen. Bei zunehmendem Moment an der Lastschaltkupplung nimmt das Moment an der Schaltkupplung SK2 ab. Überträgt die Lastschaltkupplung das gesamte Motormoment, so ist die Schaltkupplung SK2 momentenfrei. Im Bereich c ist die Momentenfreiheit hergestellt. Entsprechend kann der alte Gang herausgenommen werden. Das Abtriebsmoment ist zu diesem Zeitpunkt auf  $M_{\text{ab}} = i_{\text{LSK}} \cdot M_{\text{mot}}$  abgefallen.

In den Bereichen d und e ist der weitere Ablauf dargestellt. Da es sich um eine Zug-Rückschaltung handelt, muß der Getriebeeingang auf eine höhere Drehzahl beschleunigt werden, bevor der neue Gang eingelegt werden kann. Die Differenz zwischen Motormoment und dem Moment an der Lastschaltkupplung, steht für die Beschleunigung des Motor auf eine höhere Drehzahl zur Verfügung. Das Moment der Lastschaltkupplung wird entsprechend reduziert, um den Motor zu beschleunigen. Das Abtriebsmoment folgt in dieser Phase dem Moment der Lastschaltkupplung. Mit Hilfe des Momentenniveaus an der Lastschaltkupplung kann also die Synchronisationszeit gesteuert werden. In den Bereichen f und g

wird zumindest kurz vor Erreichen der Zieldrehzahl das Moment der Lastschaltkupplung auf das maximale Motormoment angehoben. Hierdurch fällt die Motorbeschleunigung auf Null ab und der Drehzahlbereich in dem der neue Fahrgang eingelegt werden kann, wird leichter getroffen. Die Momentengleichheit ist ein vorteilhaftes Merkmal um den neuen Gang ohne Momentenstoß einlegen zu können. Ist die Zieldrehzahl erreicht und Momentengleichheit gegeben, so wird die Schaltkupplung SK1 geschlossen und der Formschluß ist erneut hergestellt. Im Bereich h wird das Moment der Schaltkupplung SK1 über. Im Bereich i ist der Zustand nach der Schaltung dargestellt. Das Abtriebsmoment berechnet sich zu  $M_{ab} = i_{SK1} \cdot M_{mot}$ .

Die Fig. 33 zeigt ein Verfahrensablauf einer kombinierten Ansteuerung von Motormoment und von der Lastschaltkupplung übertragenem Moment. Die Schaltvorgänge des hier vorgestellten Getriebes sind bevorzugt durchführbar bei Momentenfreiheit der im Kraftfluß stehenden Schaltkupplungen in den Phasen Gang herausnehmen und Gang einlegen. Diese Momentenfreiheit kann durch erfindungsgemäße Vorgehensweisen sicher gestellt werden. Die Momentenfreiheit der Schaltkupplung setzt voraus, daß sich das Motormoment und das Moment an der LSK auf gleichem Niveau befinden. Dieses Momentenniveau bestimmt gleichzeitig das Abtriebsmoment des Fahrzeugs in diesen Schaltungsphasen.

In Fig. 33 ist der Verlauf einer Zug-Rückschaltung gezeigt, in der sowohl das Motormoment, als auch das Moment an der LSK gesteuert wird, um die Momentenfreiheit zu realisieren. Das Niveau, auf dem die Momentengleichheit dargestellt wird, ist hierbei in einem weiten Bereich erfindungsgemäß wählbar. Die Momentenverläufe in den einzelnen Phasen entsprechen dabei den vorher beschriebenen Varianten einer Zug-Rückschaltung mit Lastschaltkupplung. Der Unterschied ist unter anderem, daß das Moment der Lastschaltkupplung im mittleren Zeitbereich e gegenüber den anderen Zeitbereichen angehoben ist, wogegen dieses Moment in Fig. 32 etwas abgesenkt ist. Der Einsatz einer Lastschaltkupplung während einer Zug-Rückschaltung kann den Schaltkomfort erhöhen, da ein Zugkrafteinbruch während der Synchronisationsphase zumindest teilweise, bei Teillastschaltungen vollständig, kompensiert werden kann. Da hierbei das Motormoment einerseits zur Beschleunigung des Getriebeeingangs und andererseits für die Beschleunigung des Fahrzeugs eingesetzt wird, ist eine Verlängerung der Synchronisierung die Folge. Die Synchronisationszeit kann jedoch hierbei durch das Moment der Lastschaltkupplung gesteuert werden.

Durch eine zusätzliche Betätigung der Anfahrkupplung können Momentenstöße, die etwa bei Toleranzen in der Steuerung des Motormomentes während des Schaltvorgangs auftreten können, eliminiert werden.

Die Fig. 34 zeigt ein Blockschaltbild 1500 zur Erläuterung einer Zug-Rückschaltung beispielsweise bei Vollast. In Block 1501 wird der Schaltvorgang mittels eines Schaltabsichtssignales ausgelöst. Dieses kann beispielsweise durch eine vom Fahrer des Fahrzeuges ausgelöste Betätigung oder automatisiert von einem Steuerprogramm erfolgen. In Block 1502 wird die Lastschaltkupplung LSK soweit geschlossen oder das von ihr übertragbare Drehmoment so weit erhöht, daß das gesamte anliegende Motormoment von der LSK übertragbar ist. In Block 1503 wird abgefragt, ob das an der Schaltkupplung SK2 anliegende Drehmoment  $M_{SK2}$  etwa auf Null abgefallen ist. Ist dies der Fall, wird in 1504 die Schaltkupplung SK2 geöffnet. Andernfalls wird die LSK bei 1502 weiter geschlossen.

In Block 1505 wird das Motormoment auf Maximalwert belassen. Ebenfalls wird das von der Lastschaltkupplung übertragbare Drehmoment  $M_{LSK}$  auf einen Wert kleiner als das Motormoment eingestellt. In Block 1506 wird abgefragt, ob die Motordrehzahl  $n_{mot}$  größer ist als ein vorgegebener Grenzwert  $n_{Grenze\_1}$ . Ist dies nicht der Fall, wird bei 1505 fortgefahren. Ist dies der Fall, wird bei 1507 das von der Lastschaltkupplung übertragbare Drehmoment  $M_{LSK}$  auf einen erhöhten Wert, wie beispielsweise den Maximalwert erhöht. In Block 1508 wird abgefragt, ob die Motordrehzahl  $n_{mot}$  eine Zieldrehzahl  $n_{sync}$  erreicht hat und ob die Differenz der zeitlichen Ableitungen der motorseitigen Drehzahl und der abtriebsseitigen Drehzahl der Schaltkupplung des neuen Ganges betragsmäßig kleiner als eine vorgebbare Konstante  $c_2$  ist. Ist dies der Fall, wird bei 1509 die Schaltkupplung SK1 des neu einzulegenden Ganges eingerückt, bei 1510 die Lastschaltkupplung geöffnet und bei 1511 der Schaltvorgang beendet. Andernfalls wird bei 1507 fortgefahren.

Die Fig. 35 zeigt ein Blockschaltbild 1550 zur Erläuterung einer Zug-Rückschaltung beispielsweise bei Vollast. In Block 1551 wird der Schaltvorgang mittels eines Schaltabsichtssignales ausgelöst. Dieses kann beispielsweise durch eine vom Fahrer des Fahrzeuges ausgelöste Betätigung oder automatisiert von einem Steuerprogramm erfolgen. In Block 1552 wird die Lastschaltkupplung LSK soweit geschlossen oder das von ihr übertragbare Drehmoment so weit erhöht, daß das aktuelle Motormoment von der LSK übertragbar ist. In Block 1553 wird abgefragt, ob das an der Schaltkupplung SK2 anliegende Drehmoment  $M_{SK2}$  etwa auf Null abgefallen ist. Ist dies der Fall, wird in 1554 die Schaltkupplung SK2 geöffnet. Andernfalls wird die LSK bei 1552 weiter geschlossen.

In Block 1555 wird das Motormoment auf Maximalwert belassen. Ebenfalls wird das von der Lastschaltkupplung übertragbare Drehmoment  $M_{LSK}$  auf einen Wert kleiner als das Motormoment eingestellt. In Block 1556 wird abgefragt, ob die Motordrehzahl  $n_{mot}$  größer ist als ein vorgegebener Grenzwert  $n_{Grenze\_1}$ . Ist dies nicht der Fall, wird bei 1555 fortgefahren. Ist dies der Fall, wird bei 1557 das von der Lastschaltkupplung übertragbare Drehmoment  $M_{LSK}$  auf einen erhöhten Wert, wie beispielsweise den Maximalwert erhöht. In Block 1558 wird abgefragt, ob die Motordrehzahl  $n_{mot}$  eine Zieldrehzahl  $n_{sync}$  erreicht hat und ob die Differenz der zeitlichen Ableitungen der motorseitigen Drehzahl und der abtriebsseitigen Drehzahl betragsmäßig kleiner als eine vorgebbare Konstante  $c_2$  ist. Ist dies der Fall, wird bei 1559 die Schaltkupplung SK1 des neu einzulegenden Ganges eingerückt, bei 1560 die Lastschaltkupplung geöffnet und bei 1561 der Schaltvorgang beendet. Andernfalls wird bei 1557 fortgefahren.

Im Folgenden werden Schaltabläufe für Schub-Rückschaltungen dargestellt, und mit Hilfe von Gleichungen und deren Anwendung an den dargestellten Schaltabläufen erläutert. Diese Schaltungen können nur dann sinnvoll lastschaltend vollzogen werden, wenn sich eine (gegebenenfalls zweite) Lastschaltkupplung an dem kleinsten Gang des Getriebes befindet. Erneut sollen Schaltungen mit und ohne LSK verglichen werden.

Die Fig. 36 zeigt den zeitlichen Ablauf einer Schub-Rückschaltung vom 2. Gang zum 1. Gang ohne Lastschaltkupplung. Im Bereich a ist der Zustand vor der Schaltung dargestellt. Der Motor befindet sich im Schubzustand und stellt sein maximales Schleppmoment von etwa 30 Nm je nach Motor für die Beschleunigung oder Abbremsung des Fahrzeugs zur Verfügung. Die Schaltkupplung SK2 ist geschlossen und überträgt das Motormoment auf den Abtrieb. Im Bereich b wird die Einleitung des Schaltvorgangs durchgeführt. Es wird das Motormoment auf Null angehoben, um Momentenfreiheit

für das Öffnen der Schaltkupplung zu garantieren. Da weiterhin Formschluß vorliegt und die Anfahrkupplung geschlossen ist, folgt das Abtriebsmoment dem Motormoment. Im Bereich c ist die Schaltkupplung momentenfrei, so kann der Gang herausgenommen werden. In den Bereichen d und e beginnt die Motorsynchronisation. Das Motormoment wird schnellstmöglich auf maximalen Wert angehoben, um den Getriebeeingang auf die neue Synchrondrehzahl zu beschleunigen. Während dieser Zeit wird kein Motormoment auf den Abtrieb übertragen, es folgt eine Zugkraftunterbrechung.

Im Bereich f wird kurz vor Erreichen der Zieldrehzahl das Motormoment zurück genommen, um den Schließvorgang der Schaltkupplung SK1 bei Drehzahlgleichheit und Momentenfreiheit oder Beschleunigungsgleichheit komfortabel durchzuführen. Im Bereich g ist das Motormoment auf Null reduziert und Drehzahlgleichheit hergestellt. Die Schaltkupplung SK1 kann geschlossen werden. In den Bereichen h und i geht der Motor wieder in den Schleppzustand über.

Das Abtriebsmoment ist nun durch das Motormoment und die Übersetzung des neu eingelegten Fahrganges bestimmt. Der Komfort von Schub-Rückschaltungen in den Phasen des Gangherausnehmens und des Gangeinlegens kann ebenfalls durch die Betätigung der Anfahrkupplung gesteigert werden. Hierzu wird die Kupplung während der Zurücknahme des Motormomentes geöffnet und nach dem Auskuppeln des alten Fahrgangs bzw. dem Einlegen des neuen Fahrgangs geschlossen. Dies bewirkt eine erfindungsgemäße Momentenfreiheit bei Betätigung der Schaltkupplungen und verhindert somit Momentenstöße, die den Schaltkomfort beeinträchtigen und das Getriebe beschädigen könnten.

Im Folgenden wird eine Schub-Rückschaltung von Gang 2 nach Gang 1 mit Lastschaltkupplung am 1. Gang beschrieben. Hier wird beschrieben, wie eine Schub-Rückschaltung unter Einsatz einer Lastschaltkupplung LSK komfortabel und bei erfindungsgemäßer Steuerungsstrategie, vollständig ohne Zugkraftunterbrechung durchgeführt werden kann. Vorteilhaft ist dafür ist eine (gegebenenfalls zweite) Lastschaltkupplung LSK am kleinsten Fahrgang oder an einem kleinen Fahrgang des Getriebes. Schub-Rückschaltungen können ebenfalls durch die kombinierte Steuerung von Motormoment und Drehmoment der Lastschaltkupplung die Momentenverläufe während des Schaltvorgangs aktiv beeinflusst werden und hierdurch unterschiedliche Schaltstrategien realisiert werden.

Die Fig. 37 zeigt ein Diagramm nach einem Steuerungsverfahren mit einem schnellen Lasteinbruch. Im Bereich a ist der Zustand vor der Schaltung dargestellt. Der Motor befindet sich im Schubzustand und stellt sein maximales Schleppmoment für die Beschleunigung oder Abbremsung des Fahrzeugs zur Verfügung. Die Schaltkupplung SK2 ist geschlossen und überträgt das Motormoment auf den Abtrieb. Im Bereich b erfolgt die Einleitung des Gangwechsels. Um den alten Fahrgang auskuppeln zu können, wird das Motormoment auf Null angehoben und der aktuelle Fahrgang bei Erreichen des Nullniveaus ausgekuppelt. Das Abtriebsmoment folgt hierbei dem Motormoment und geht ebenfalls gegen Null. In den Bereichen c und d wird, da der Getriebeeingang auf eine höhere Drehzahl zu beschleunigen ist, die Lastschaltkupplung geschlossen und dadurch der Motor und der Getriebeeingang auf eine höhere Drehzahl angehoben. Das von der Lastschaltkupplung LSK übertragene Moment wird dabei entsprechend dem Abtriebsmoment im neu einzulegenden Fahrgang eingestellt. Hierzu wird die LSK vollständig geschlossen, da sie sich am ersten Fahrgang des Getriebes befindet.

In den Bereichen e und f wird vor Erreichen der Synchrondrehzahl die Lastschaltkupplung geöffnet und das Motormoment sowie das Abtriebsmoment fällt hierdurch auf Null ab. Die Motorbeschleunigung wird auf Null reduziert oder Beschleunigungsgleichheit eingestellt und der Synchrondrehzahlbereich leichter erreicht. Ist die Synchrondrehzahl erreicht und das Motormoment auf Null reduziert, kann der neue Fahrgang durch ein Schließen der Schaltkupplung SK1 eingelegt werden. Der Motor fällt anschließend in den Schubzustand zurück und das Abtriebsmoment ergibt sich entsprechend dem neuen Übersetzungsverhältnis. Bei g ist der Schaltvorgang abgeschlossen.

Die Fig. 38 zeigt einen Ablauf mit einer vollständigen Auffüllung der Zugkraftunterbrechung ohne unterstützendem Motoreingriff. Durch eine geeignete Strategie kann bei einer Schub-Rückschaltung die Zugkraftunterbrechung während der Synchronisationsphase des Getriebes zumindest nahezu vollständig vermieden werden, sofern sich eine LSK am 1. Fahrgang des Getriebes befindet. Befindet sich diese Kupplung an einem anderen Gang, so kann der Einbruch zumindest teilweise reduziert werden. Nachfolgend werden die Phasen einer Schaltungsstrategie diskutiert, die auf der Ansteuerung der LSK beruht. Der Motor verbleibt in seinem maximalem Schubzustand.

Im Bereich a ist der Zustand vor der Schaltung gezeigt. Der Motor befindet sich im Schubzustand und stellt sein maximales Schubmoment für die Beschleunigung oder Abbremsung des Fahrzeugs zur Verfügung. Die Schaltkupplung SK2 ist geschlossen und überträgt das Motormoment auf den Abtrieb. Im Bereich b erfolgt die Einleitung des Schaltvorgangs. Die Lastschaltkupplung LSK, die sich am 1. Gang des Getriebes befindet, wird geschlossen. Mit zunehmendem Moment, das von der Lastschaltkupplung übertragen wird, nimmt das Moment an der Schaltkupplung SK2 ab.

Überträgt die LSK das gesamte Motormoment, so ist die Schaltkupplung momentenfrei und der alte Fahrgang kann heraus genommen werden. Das Abtriebsmoment fällt dabei auf ein Momentenniveau, das dem Niveau nach der Schaltung entspricht. In den Bereichen c und d wird, um den neuen Fahrgang einlegen zu können, der Motor auf eine höhere Drehzahl beschleunigt werden. Da bei dieser Strategie auf einen Motoreingriff zur aktiven Beschleunigung verzichtet werden kann, wird die hierzu benötigte Energie der kinetischen Energie des Fahrzeuges entzogen. Die Lastschaltkupplung LSK wird weiter geschlossen. Dadurch fällt das Abtriebsmoment weiter ab und der Motor und die Getriebeeingangswelle werden mit der Differenz aus Motormoment und dem Moment an der LSK beschleunigt.

In den Bereichen e und f ist die Zieldrehzahl erreicht und es wird das Moment der LSK auf das Momentenniveau des Motors angehoben. Da sich die Lastschaltkupplung LSK am einzulegenden ersten Gang befindet, stellt sich hierdurch ein Abtriebsmoment ein, das dem nach der 2 → 1 Schaltung entspricht. Nachfolgend kann die LSK geschlossen bleiben oder die Schaltkupplung des ersten Fahrgangs wird eingelegt und die LSK anschließend geöffnet. Dann geht der Momentenfluß von der LSK auf die SK1 über.

Die Fig. 39 zeigt in einem Diagramm eine Auffüllung der Zugkraftunterbrechung mit unterstützendem Motoreingriff. Die Fig. 38 zeigt, daß eine Schub-Rückschaltung vollständig ohne Zugkraftunterbrechung durchgeführt werden kann. Bei der vorgestellten Variante fällt das Abtriebsmoment während der Synchronisationsphase des Motors auf ein Niveau, das tiefer liegt als jenes nach der Schaltung. Läßt man einen Motoreingriff während der Schub-Rückschaltung zu, so kann eine Reduktion des Bremsmomentes des Fahrzeug während der Synchronisation erreicht werden. In Fig. 39 sind die Moment- und Drehzahlverläufe einer Schub-Rückschaltung dargestellt, die zur Erhöhung der Motordrehzahl einen

aktiven Motoreingriff im mittleren Zeitbereich mit einem positiven Motormoment einsetzt. Das Abtriebsmoment während der Schaltung kann dabei so gestaltet werden, daß sich ein kontinuierlicher Verlauf des Abtriebsmoment ohne Zugkraftreduktion oder Zugkraftehöhung einstellt.

Die Fig. 40 zeigt ein Blockschaltbild 1600 zur Erläuterung einer Schub-Rückschaltung. In Block 1601 wird der Schaltvorgang mittels eines Schaltabsichtssignales ausgelöst. Dieses kann beispielsweise durch eine vom Fahrer des Fahrzeuges ausgelöste Betätigung oder automatisiert von einem Steuerprogramm erfolgen. In Block 1602 wird das Motormoment erhöht und die Lastschaltkupplung LSK soweit geschlossen oder das von ihr übertragbare Drehmoment so weit erhöht, daß am Abtrieb das Drehmoment konstant bleibt. In Block 1603 wird abgefragt, ob das an der Schaltkupplung SK2 anliegende Drehmoment  $M_{SK2}$  etwa auf Null abgefallen ist. Ist dies der Fall, wird in 1604 die Schaltkupplung SK2 geöffnet. Andernfalls wird bei 1602 fortgefahren.

In Block 1605 wird das Motormoment erhöht. Ebenfalls wird das von der Lastschaltkupplung übertragbare Drehmoment  $M_{LSK}$  auf einen erhöhten Wert eingestellt. In Block 1606 wird abgefragt, ob die Motordrehzahl  $n_{mot}$  größer ist als ein vorgegebener Grenzwert  $n_{Grenze_1}$ . Ist dies nicht der Fall, wird bei 1605 fortgefahren. Ist dies der Fall, wird bei 1607 das Motormoment auf das Schubmoment eingestellt und das von der Lastschaltkupplung übertragbare Drehmoment  $M_{LSK}$  auf den Motormomentwert eingestellt. In Block 1608 wird abgefragt, ob die Motordrehzahl  $n_{mot}$  eine Zieldrehzahl  $n_{sync}$  erreicht hat und ob die Differenz der zeitlichen Ableitungen der motorseitiger Drehzahl und der abtriebsseitigen Drehzahl betragsmäßig kleiner als eine vorgebbare Konstante  $c_2$  ist. Ist dies der Fall, wird bei 1609 die Schaltkupplung SK1 des neu einzulegenden Ganges eingerückt, bei 1610 die Lastschaltkupplung geöffnet und bei 1611 der Schaltvorgang beendet. Andernfalls wird bei 1607 fortgefahren.

Im Folgenden wird der Schaltablauf von Schub-Hochschaltung dargestellt. Die Fig. 41 zeigt eine Schub-Hochschaltung vom 1. Gang zum 2. Gang ohne Lastschaltkupplung. Im Bereich a ist der Zustand vor der Schaltung gezeigt. Der Motor befindet sich im Schubzustand und stellt sein maximales Schubmoment für die Beschleunigung (Abbremsung) des Fahrzeuges zur Verfügung. Die Schaltkupplung SK1 ist geschlossen und überträgt das Motormoment auf den Abtrieb. Im Bereich b wird die Einleitung des Schaltvorgangs durchgeführt. Hier wird das Motormoment auf Null angehoben, um Momentenfreiheit für das Öffnen der Schaltkupplung zu erreichen. Da weiterhin Formschluß vorliegt und die Anfahrkupplung geschlossen ist, folgt das Abtriebsmoment dem Motormoment. Im Bereich c ist die Schaltkupplung momentenfrei, es kann der Gang herausgenommen werden. Im Bereich d beginnt die Motorsynchronisation. Das Motormoment wird schnellstmöglich auf ein reduziertes oder sein maximales Schleppmoment abgesenkt, um den Getriebeeingang auf die neue Synchrondrehzahl zu beschleunigen. Während dieser Zeit wird kein Motormoment auf den Abtrieb übertragen, es folgt eine Zugkraftunterbrechung. In den Bereichen e und f beschleunigt das Motormoment den Getriebeeingang auf die neue Zieldrehzahl. Kurz vor Erreichen der Zieldrehzahl wird das Motormoment zurückgenommen, um den Schließvorgang der Schaltkupplung SK2 bei Drehzahlgleichheit und Momentenfreiheit komfortabel durchführen zu können. Im Bereich g ist das Motormoment auf Null reduziert und Drehzahlgleichheit und Drehbeschleunigungsgleichheit hergestellt. Die Schaltkupplung SK2 kann geschlossen werden. In den Bereichen h und i geht der Motor wieder in den Schleppzustand über und fällt auf sein maximales Schleppmoment ab. Das Abtriebsmoment ist nun durch das Motormoment und die Übersetzung des neu eingelegten Fahrganges bestimmt.

Nachfolgend wird beschrieben, wie eine Schub-Hochschaltung beispielsweise vom ersten Gang zum zweiten Gang mit einer LSK am 1. Fahrgang vollständig ohne Zugkraftunterbrechung ausgeführt werden kann. Erneut werden Schaltstrategien, die mit und ohne Eingriff in die Motorsteuerung ablaufen, vorgestellt.

Die Fig. 42 zeigt in einem Diagramm einen Ablauf eines Schaltvorganges mit Zugkraftreduktion ohne Motoreingriff. Im Bereich a ist der Zustand vor der Schaltung dargestellt. Der Motor befindet sich im Schubzustand und stellt sein maximales Schubmoment für die Beschleunigung (Abbremsung) des Fahrzeuges zur Verfügung. Die Schaltkupplung SK1 ist geschlossen und überträgt das Motormoment auf den Abtrieb. In den Bereichen b und c erfolgt die Einleitung des Schaltvorgangs. Die Lastschaltkupplung, die sich am ersten Fahrgang des Getriebes befindet, wird parallel zur Schaltkupplung SK1 geschlossen. Ist die LSK vollständig geschlossen so kann die Schaltkupplung geöffnet werden, ohne daß sich das Momentenniveau am Abtrieb ändert. In den Bereichen d und e beginnt die Motorsynchronisation. Die Drehzahl des Motors wird abgesenkt. Um dies zu erreichen, wird das Moment der LSK nun stetig soweit reduziert, daß sich ein Abtriebsmoment einstellt, das dem Momentenniveau nach der Schaltung entspricht. Das Bremsmoment, welches von dem Motor auf den Abtrieb übertragen wird, fällt hierdurch ebenfalls ab, da ein Teil des maximalen Schleppmomentes des Motors für die Reduzierung der Motordrehzahl verwendet wird. In den Bereichen f und g ist die Synchrondrehzahl des neu einzulegenden Ganges erreicht. Das Moment der LSK wird auf das Motormoment angehoben. Anschließend wird die Schaltkupplung des neuen Ganges (SK2) geschlossen. Das Abtriebsmoment durchläuft in dieser Phase ein Maximum, da die Schaltung ohne Eingriff in das Motormoment durchgeführt wird und das Abtriebsmoment dem Moment der LSK folgt. In den Bereichen h und i wird die LSK geöffnet und das Moment geht von LSK auf die Schaltkupplung SK2 über. Der Schaltvorgang ist beendet.

Die Fig. 43 zeigt eine Darstellung eines Ablaufes einer Schaltung mit Zugkraftreduktion mit Motoreingriff. Die Momentenverläufe in den einzelnen Phasen sind analog zu den vorher beschriebenen. Bei dieser Variante werden jedoch während den Phasen f bis g das Motormoment und das Moment der Lastschaltkupplung so gesteuert, daß sich das Abtriebsmoment nicht oder nicht wesentlich ändert. Ein stetiger Übergang ohne Zugkraftüberhöhung stellt sich ein.

Die Fig. 44 zeigt ein Blockschaltbild 1700 zur Erläuterung einer Schub-Hochschaltung. In Block 1601 wird der Schaltvorgang mittels eines Schaltabsichtssignales ausgelöst. Dieses kann beispielsweise durch eine vom Fahrer des Fahrzeuges ausgelöste Betätigung oder automatisiert von einem Steuerprogramm erfolgen. In Block 1702 wird das Motormoment im maximalen Schubzustand belassen und die Lastschaltkupplung LSK soweit geschlossen oder das von ihr übertragbare Drehmoment so weit erhöht, daß am Abtrieb das Drehmoment konstant bleibt. In Block 1703 wird abgefragt, ob das an der Schaltkupplung SK1 anliegende Drehmoment  $M_{SK1}$  etwa auf Null abgefallen ist. Ist dies der Fall, wird in 1704 die Schaltkupplung SK1 geöffnet. Andernfalls wird bei 1702 fortgefahren.

In Block 1705 bleibt das Motormoment im maximalen Schubzustand. Ebenfalls wird das von der Lastschaltkupplung übertragbare Drehmoment  $M_{LSK}$  auf einen erhöhten Wert eingestellt. In Block 1706 wird abgefragt, ob die Motordreh-



zahl  $n_{\text{mot}}$  kleiner ist als ein vorgegebener Grenzwert  $n_{\text{Grenze}_1}$ . Ist dies nicht der Fall, wird bei 1705 fortgefahren. Ist dies der Fall, wird bei 1707 das Motormoment auf das maximale Schubmoment eingestellt und das von der Lastschaltkupplung übertragbare Drehmoment  $M_{\text{LSK}}$  auf den Motormomentwert eingestellt. In Block 1708 wird abgefragt, ob die Motordrehzahl  $n_{\text{mot}}$  eine Zieldrehzahl  $n_{\text{sync}}$  erreicht hat und ob die Differenz der zeitlichen Ableitungen der Motordrehzahl und der Abtriebsdrehzahl betragsmäßig kleiner als eine vorgebbare Konstante  $c_2$  ist. Ist dies der Fall, wird bei 1709 die Schaltkupplung SK2 des neu einzulegenden Ganges eingerückt, bei 1710 die Lastschaltkupplung geöffnet und bei 1711 der Schaltvorgang beendet. Anderenfalls wird bei 1707 fortgefahren.

Die Fig. 45 zeigt eine Zug-Hochschaltung beispielsweise vom ersten Gang zu dem zweiten Gang mit einer Betätigung einer Lastschaltkupplung und einer Berücksichtigung eines Fahrerwunsches anhand der Gaspedalbetätigung. Im Bereich a ist der Zustand vor der Schaltung dargestellt. Das Motormoment ist maximal ( $M_{\text{mot}} = 1$ ) und es ergibt sich für den alten Gang ein Abtriebsmoment das von der Schaltkupplung SK1 auf den Abtrieb übertragen wird. Im Bereich b wird der Schaltvorgang eingeleitet. Die Lastschaltkupplung wird langsam geschlossen, um das von der Schaltkupplung übertragene Moment auf Null zu reduzieren. Ist die Schaltkupplung SK1 momentenfrei, kann der Fahrgang herausgenommen werden. In den Bereichen c und d wird um den Getriebeeingang für das Erreichen der Synchrondrehzahl abzu-bremsen, das Motormoment auf maximales Schubmoment zurückgenommen. Das Moment der Lastschaltkupplung wird entsprechend dem aktuellen Fahrerwunschmoment soweit angehoben, daß sich ein Abtriebsmoment entsprechend dem Momentenniveau nach der Schaltung einstellt. Im Bereich e wird der Synchronisationsprozeß fortgesetzt. Während dessen agiert der Fahrer und reduziert durch die Gaspedalstellung das einzustellende Abtriebsmoment beispielsweise auf die Hälfte des maximalen Motormomentes. Um auf die Aktion des Fahrers zu reagieren, wird die Lastschaltkupplung auf das neu bestimmte Momentenniveau gebracht. Ein dem Fahrerwunsch entsprechendes Abtriebsmoment stellt sich ein. Das Motormoment verharrt in dieser Phase weiterhin auf seinem maximalen Schleppmoment und der Getriebeeingang wird weiter abgebremst. Im Bereich f wird kurz vor Erreichen der Zieldrehzahl das Motormoment entsprechend dem neu eingestellten Fahrerwunschmoment angehoben und das Moment der Lastschaltkupplung auf eben dieses Niveau abgesenkt. Hierdurch ist zum einen Momentenfreiheit an der einzulegenden Schaltkupplung SK2 sichergestellt und zum zweiten wird die Beschleunigung des Motors zumindest nahezu auf Null reduziert, wodurch die Zielsynchrondrehzahl leichter getroffen werden kann. Im Bereich g ist Momentengleichheit hergestellt und die neue Zieldrehzahl erreicht. Es kann die Schaltkupplung SK2 geschlossen werden und der neue Fahrgang ist eingelegt. Das System geht über von Reib-schluß in ein System mit Reib- und Formschluß.

In den Bereichen h und i wird das Motormoment der Lastschaltkupplung schnell auf Null reduziert.

Die Fig. 40 zeigt ein Blockschaltbild 1600 zur Erläuterung einer Schub-Rückschaltung. In Block 1601 wird der Schaltvorgang mittels eines Schaltabsichtssignales ausgelöst. Dieses kann beispielsweise durch eine vom Fahrer des Fahrzeuges ausgelöste Betätigung oder automatisiert von einem Steuerprogramm erfolgen. In Block 1602 wird das Motormoment erhöht und die Lastschaltkupplung LSK soweit geschlossen oder das von ihr übertragbare Drehmoment so weit erhöht, daß am Abtrieb das Drehmoment konstant bleibt. In Block 1603 wird abgefragt, ob das an der Schaltkupplung SK2 anliegende Drehmoment  $M_{\text{SK2}}$  etwa auf Null abgefallen ist. Ist dies der Fall, wird in 1604 die Schaltkupplung SK2 geöffnet. Andernfalls wird bei 1602 fortgefahren.

In Block 1605 wird das Motormoment erhöht. Ebenfalls wird das von der Lastschaltkupplung übertragbare Drehmoment  $M_{\text{LSK}}$  auf einen erhöhten Wert eingestellt. In Block 1606 wird abgefragt, ob die Motordrehzahl  $n_{\text{mot}}$  größer ist als ein vorgegebener Grenzwert  $n_{\text{Grenze}_1}$ . Ist dies nicht der Fall, wird bei 1605 fortgefahren. Ist dies der Fall, wird bei 1607 das Motormoment auf das Schubmoment eingestellt und das von der Lastschaltkupplung übertragbare Drehmoment  $M_{\text{LSK}}$  auf den Motormomentwert eingestellt. In Block 1608 wird abgefragt, ob die Motordrehzahl  $n_{\text{mot}}$  eine Zieldrehzahl  $n_{\text{sync}}$  erreicht hat und ob die Differenz der zeitlichen Ableitungen der Motordrehzahl und der Abtriebsdrehzahl betragsmäßig kleiner als eine vorgebbare Konstante  $c_2$  ist. Ist dies der Fall, wird bei 1609 die Schaltkupplung SK1 des neu einzulegenden Ganges eingerückt, bei 1610 die Lastschaltkupplung geöffnet und bei 1611 der Schaltvorgang beendet. Anderenfalls wird bei 1607 fortgefahren.

In den Fig. 46 und 47 sind Zug-Rückschaltungen beispielsweise als 3 → 1-Schaltung ohne Lastschaltkupplung als sequentielles Schalten dargestellt. In einigen Fahrsituationen ist es wünschenswert die einzelnen Gangstufen des Schaltgetriebes nicht sequentiell zu durchlaufen, sondern in definierten Sprüngen zwischen den Gängen zu wechseln, etwa bei extremen Zug/Schub-Rückschaltungen. Der Schaltvorgang einer 3 → 1 Zug-Rückschaltung mit Überspringen des 2. Fahrganges soll hierzu stellvertretend diskutiert werden.

Im Bereich a befindet sich das Fahrzeug im 3. Fahrgang und die Schaltkupplung SK3, die Kupplung des dritten Ganges, überträgt das Motormoment auf den Abtrieb. Bereich b wird der Schaltvorgang eingeleitet und das Motormoment wird auf Null reduziert. Ist Momentenfreiheit an der Schaltkupplung sicher gestellt, kann der 3. Fahrgang herausgenommen werden. Im Bereich c muß der Getriebeeingang auf eine höhere Drehzahl beschleunigt werden. Je nach Fahrsituation und Fahrerwunsch ist dann zu entscheiden, ob der Synchronisationsvorgang schnellstmöglich (mit vollständiger Zugkraftunterbrechung während der Synchronisation) oder zeitlich verlängert (mit teilweiser Zugkraftunterbrechung während der Synchronisation) durchgeführt werden soll. In dem hier vorgestellten Beispiel wird eine schnellstmögliche Synchronisation vorausgesetzt. Das Motormoment wird dazu auf seinen Maximalwert angehoben und die Lastschaltkupplung bleibt während des gesamten Schaltvorgangs geöffnet. In den Bereichen d bis h wird der Synchronisationsprozeß fortgesetzt. Je nach konstruktiver Ausführung des Lastschaltkupplung kann es erforderlich sein auch bei einer 3 → 1-Rückschaltung den 2. Fahrgang kurzzeitig einlegen zu müssen. Hierzu bieten sich ebenfalls erfindungsgemäße Strategien an. Eine Möglichkeit besteht darin, das Motormoment bei Erreichen der Zieldrehzahl des 2. Fahrganges auf Null zu reduzieren, die Schaltkupplung SK2 kurzzeitig zu schließen und anschließend bei erneut geöffneter Schaltkupplung SK2 das Motormoment auf seinen Maximalwert anzuheben.

Diese Strategie würde eine zeitliche Verlängerung des Synchronisationsvorgangs nach sich ziehen, da bei der Reduktion des Motormomentes auf Null und die anschließende Beschleunigung des Motors Zeit beansprucht. Eine weitere erfindungsgemäße Strategie besteht darin, die Anfahrkupplung vor Erreichen der Zieldrehzahl des 2. Ganges zu öffnen. Dies garantiert ebenfalls die notwendige Momentenfreiheit für das temporäre Schließen der Schaltkupplung SK2.

Gleichzeitig kann der Motor in einem Beschleunigtem Zustand verharren und nach dem Schließen der Anfahrkupplung den Getriebeeingang effizient beschleunigen. In den Bereichen i bis k ist die Zieldrehzahl des 1. Fahrgangs nahezu erreicht, bieten sich erneut erfindungsgemäße Strategien um ein komfortables und schnelles Einlegen des 1. Gangs zu vollziehen. Eine Ausführungsvariante besteht darin, das Motormoment vor Erreichen der Zieldrehzahl auf Null zu reduzieren, um einen Momentenstoß beim Schließen der Schaltkupplung SK1 zu vermeiden und den Synchroindrehzahlbereich sicher zu treffen. Nachdem der neue Fahrgang eingelegt ist, wird dann das Motormoment entsprechend dem Fahrerwunschmoment angehoben.

Eine weitere Variante ergibt sich erneut aus der Ansteuerung der Anfahrkupplung. Mit der Anfahrkupplung kann das vom Motor auf den Getriebeeingang übertragene Moment stufenlos gesteuert werden. Vor Erreichen der Zieldrehzahl für den 1. Fahrgang kann nun die Anfahrkupplung geöffnet werden um die Beschleunigung des Getriebeeingangs zu reduzieren und den Drehzahlbereich in dem der neue Gang sicher eingelegt werden kann leichter zu treffen. Das Motormoment muß hierzu nicht zurückgenommen werden. Ist dieser Drehzahlbereich erreicht, wird die Anfahrkupplung vollständig geöffnet und somit ein komfortables Schließen der Schaltkupplung SK1 ermöglicht. Nachdem der Fahrgang eingelegt ist, wird dann die Anfahrkupplung geschlossen und das Motormoment auf den Abtrieb übertragen.

Die Fig. 48 zeigt den Verlauf einer Zug-Hochschaltung vom 4. Gang zum 5. Gang mit einer Ansteuerung einer Lastschaltkupplung am 5. Gang. Ein solcher Schaltvorgang läßt sich mit einem lastschaltenden Getriebe nahezu vollständig ohne Reduktion der Zugkraft gestalten. Die Beschreibung der einzelnen Phasen der Schaltung ist analog zu den bereits vorgestellten Zug-Hochschaltungen mit LSK am 5. Fahrgang. Zu bemerken ist, daß nachdem die Zielsynchrondrehzahl des 5. Gangs erreicht ist, das Fahrzeug mit vollständig geschlossener LSK betrieben werden kann oder eine parallel zur LSK angeordnete Schaltkupplung geschlossen wird und beim anschließenden Öffnen der LSK der Momentenstrom stetig von der LSK auf die SK über geht.

Die Fig. 49 stellt eine Schub-Rückschaltung vom 3. Gang zum 2. Gang mit einer Lastschaltkupplung am 1. Gang dar. Die dargestellte Schaltungsstrategie beinhaltet die Steuerung von Motormoment und dem Moment der LSK, so daß ein stetiger Übergang des Abtriebsmomentes realisiert werden kann. Die Beschreibung der einzelnen Schaltungsphasen ist analog zu den bereits beschriebenen Schub-Rückschaltungen mit LSK am 1. Fahrgang.

Die Fig. 50a bis 50f zeigen Anordnungsmöglichkeiten einer Elektromaschine. In Fig. 50a ist die Elektromaschine 2000 mittels einer Zahnradstufe 2001, 2002 mit der Welle 2003 verbunden.

In Fig. 50b ist die Elektromaschine 2010 mittels einer zweistufigen Zahnradstufe 2011, 2012, 2013 und 2014 mit der Welle 2015 verbunden.

In Fig. 50c ist die Elektromaschine 2020 derart angeordnet, daß der Rotor mit der Welle 2021 direkt und coaxial angeordnet ist.

In Fig. 50d ist die Elektromaschine 2030 derart angeordnet, daß die Abtriebswelle der Elektromaschine mit einem Sonnenrad 2031, ein Hohlrads 2032 eines Planetengetriebes mit einem Gehäuse verbindbar ist und der Planetenträger 2033 mit der Welle 2034 verbindbar ist.

In Fig. 50e ist die Elektromaschine 2040 mittels eines stufenlos einstellbaren Getriebes 2041 mit der Welle 2042 verbindbar. In Fig. 50f ist die Elektromaschine 2050 mittels eines schaltbaren Stufengetriebes 2051 mit der Welle 2052 verbindbar.

Die Fig. 51 zeigt eine schematische Darstellung eines Antriebsstranges eines Kraftfahrzeuges 2100. Das Fahrzeug 2100 weist einen Antriebsmotor 2101, wie Verbrennungsmotor, auf mit steuerbaren Ventilen 2102, einer Drosselklappe 2103 mit einer Drosselklappenaktorik, mit einer Einspritzanlage 2104 und einem Abgaskatalysator 2105 mit Lambda-Sonde 2106 und mit einem Drehzahlsensor 2107.

Zwischen Motor 2101 und Getriebe 2110 ist eine Anfahrkupplung 2120 angeordnet. Die Kupplung 2110 weist einen Kupplungsbetätigungsaktor 2121 mit Übersetzung 2122 auf. Das Getriebe 2110 weist eine Eingangswelle 2112 und eine Ausgangswelle 2111 auf. Weiterhin weist das Getriebe 2110 Schaltkupplungen 2113, 2114 und 2115 zum Schalten der Vorwärtsgänge und des Rückwärtsganges auf. Weiterhin ist eine Lastschaltkupplung 2116 der oben beschriebenen Art vorgesehen. Die Lastschaltkupplung wird mittels des Aktors 2117 betätigt, wobei zwischen Aktor und Kupplung eine Übersetzung vorgesehen ist.

Es ist weiterhin eine Elektromaschine 2130 vorgesehen, die mit der Getriebeeingangswelle 2112 über einen Zahnradatz 2131 verbunden ist. Der Drehzahlsensor 2132 detektiert die Drehzahl der Elektromaschine.

Zur Getriebebetätigung ist die Getriebeaktorik 2140 vorgesehen, die die Aktoren 2141, 2142 und 2143 aufweist, die jeweils eine Übersetzung 2144 bis 2146 nachgeschaltet haben können.

Weiterhin weist das Fahrzeug den Antriebsstrang 2150 mit Bremse 2151, Differential 2152, Drehzahlsensor 2153 und Rad 2154 auf.

Zur Speisung und elektrischen Versorgung ist eine Batterie 2160 und ein elektrischer, wie kapazitiver, Speicher 2161 vorgesehen. Zur Fahrzeugbedienung ist ein Handbremshebel 2170, ein Gaspedal 2171, ein Fußbremspedal 2172 und ein Klimakompressor 2173 vorgesehen.

Die Steuerung wird über ein Gesamtsteuergerät 2180 mit der Motorsteuerung 2181, der Kupplungssteuerung 2182, der Steuerung der Elektromaschine 2183, der Getriebesteuerung 2184 und der Steuerung der Bremssysteme mit Antiblockiersystem (ABS) 2185 und Steuerung der Batterie und Leistungselektronik durchgeführt.

Mit 2190 sind die Signalleitungen, wie beispielsweise Datenbus (CAN) bezeichnet und mit 2191 die Leistungsflüsse.

Fig. 52 zeigt ein weiteres Ausführungsbeispiel eines Getriebes 2200 als Sechsganggetriebe mit einem Rückwärtsgang und einer von dem Aktor 2265b geschalteten Lastschaltkupplung 2280, die in dem gezeigten Ausführungsbeispiel den vierten Gang 4 – gebildet durch die Gangräder 2220, 2230 – mit der Eingangswelle 2204 im eingerückten Zustand verbindet. Die Gänge mit einer größeren Übersetzung 5, 6 sind in dem gezeigten Ausführungsbeispiel nicht unter Last schaltbar, es versteht sich, daß in einem entsprechenden Ausführungsbeispiel eine alternative Verbindung des Gangs 5 oder 6 mit der Lastschaltkupplung vorgesehen sein kann, wodurch die letzten beiden Gänge 5, 6 ebenfalls unter Last schaltbar sind, jedoch bereits zuvor diskutierte Zugeständnisse an das Lastschaltverhalten bei kleinen Gängen gemacht werden müssen.

Die Kurbelwelle 2202a des Motors 2202, deren Drehzahl mittels eines Drehzahlgebers 2271 überwacht wird, ist mit der Eingangswelle 2204 des Getriebes 2200 drehfest verbunden, vorzugsweise verschraubt. Zur Dämpfung von Drehungleichförmigkeiten und/oder zum Ausgleich eines eventuell auftretenden Achsversatzes ist ein an sich bekannter Torsionsschwingungsdämpfer 2203a im Kraftfluß zwischen den beiden Wellen 2202a, 2204 angeordnet. Auch kann die Eingangswelle 2204 eine erhöhte Masse aufweisen, die relativ gegen die Schwungmasse der Kurbelwelle 2202a entgegen der Wirkung von in Umfangsrichtung wirksamen Energiespeichern verdrehbar sein und damit ein Zweimassenschwungrad an der Stelle des Torsionsschwingungsdämpfers 2203a vorgesehen sein kann.

In Baueinheit mit dem Torsionsschwingungsdämpfer 2203a oder räumlich getrennt von diesem ist die Anfahrkupplung 2203, die ebenfalls einen Torsionsschwingungsdämpfer 2211 aufweisen kann und vom Aktor 2265a angesteuert wird, im Kraftfluß zwischen der Eingangswelle 2202a beziehungsweise Getriebeeingangswelle 2204 und einer auf der Eingangswelle 2204 gelagerten Hohlwelle 2206 angeordnet, wobei auf der Hohlwelle 2206 die Gangräder 2224 für den ersten Gang 1 und 2225 für den Rückwärtsgang R, der auch zusammen mit dem Gang 4 und der entsprechenden Gangwechselvorrichtung mit Schiebehülse und Aktor auf der Eingangswelle 2204 verdrehbar vorgesehen sein kann, drehfest aufgenommen sind, die mit den korrespondierenden, auf der Ausgangswelle 2205 verdrehbar angeordneten Losrädern 2234, 2235 – im Falle des Rückwärtsgangs R unter Zwischenschaltung des Zahnrads 2236 zur Drehrichtungskehr – kämmen.

Im weiteren axialen Verlauf der Eingangswelle 2204 von der Anfahrkupplung 2203 am kurbelwellenseitigen und der Lastschaltkupplung 2280 vorzugsweise am anderen Ende der Eingangswelle schließen sich drehfest auf der Eingangswelle 2204 angeordnete Zahnräder 2223, 2222 an, die mit Losrädern 2233, 2232 zur Bildung der Gänge 2, 3 kämmen. Danach folgen zwei verdrehbar angeordnete Zahnräder 2221, 2221a mit den dazu komplementären drehfest auf der Ausgangswelle angeordneten Zahnrädern 2231, 2231a zur Bildung der Gänge 5, 6, wobei axial zwischen den Zahnrädern 2221, 2221a ein drehfestes Zahnrad 2241 angeordnet ist, mit dem jeweils ein Zahnrad 2221, 2221a im Wechsel mittels der Schiebehülse 2241a verbunden und damit ein Formschluß zwischen dem entsprechenden Zahnrad 2231, 2231a und der Eingangswelle 2204 gebildet werden kann. Die Schiebehülse 2241a wird dabei vom Aktor 2261 axial nach dem von der – nicht gezeigten – Steuereinheit vorgegebenen Schaltwunsch verschoben.

In entsprechender Weise wird ein Formschluß zwischen der Abtriebswelle 2205, den drehfest auf der Abtriebswelle 2205 angeordneten Gangrädern 2240, 2242 und den Zahnrädern 2233, 2232 für die Gänge 2, 3 beziehungsweise für die Gangräder 2234, 2235 für die Gänge 1, R gebildet, wobei die Schiebemuffen 2240a, 2242a entsprechend von den Aktoren 2262 beziehungsweise 2260 betätigt werden. Dabei ist zur Synchronisation des ersten Ganges 1 und des Rückwärtsgangs R eine Synchronisier Vorrichtung 2250 vorgesehen.

Zusätzlich kann in das Getriebe 2200 ein Elektromotor 2290 mit einer einen Kraftschluß bildenden Anbindung 2291, beispielsweise wie in den Fig. 50a–50f gezeigt vorgesehen sein, wobei der Elektromotor 2290 im gezeigten Ausführungsbeispiel mit dem Zahnrad 2223 des zweiten Ganges verbunden ist. Es versteht sich, daß er an beliebiger Stelle in den Kraftfluß des Antriebsstranges integriert werden kann.

Die Drehzahlgeber 2270, 2271 übermitteln die aktuelle Drehzahl der Getriebeeingangswelle 2204 beziehungsweise der Getriebeausgangswelle 2202 an die Steuereinheit.

Die Funktion des Getriebes 2200 ist nach Fig. 52 wie folgt:

Bei geöffneter Anfahrkupplung 2203 wird mittels des Aktors 2260 und der Schiebemuffe 2242a ein Formschluß zwischen einem der Gangräder 2234, 2235 und damit von der Eingangswelle 2204 zur Ausgangswelle 2205 ein Kraftschluß gebildet, sobald die Anfahrkupplung 2203 eingerückt wird, und ein Anfahrang 1 oder R eingelegt. Durch Schließen der Anfahrkupplung 2203 wird das Fahrzeug angefahren.

Im Falle des eingelegten Ganges 1 und einem Schaltwunsch in den zweiten Gang 2 wird die Lastschaltkupplung 2280 eingerückt, bei Momentengleichheit zwischen Anfahrkupplung 2203 und Lastschaltkupplung 2280 kann die Anfahrkupplung 2280 ausgerückt werden, dann die Schiebehülse 2242a bei Momentenfreiheit in Neutralstellung verschoben – diese kann aber auch unverändert belassen werden – und anschließend die Anfahrkupplung 2203 geschlossen, wodurch ein Drehmoment des Motors 2202 über das Zahnradpaar 2220, 2230 von der Eingangswelle 2204 in die Abtriebswelle 2205 eingeleitet und eine Zugkraftunterbrechung während des Schaltvorgangs vermieden wird. Die Schiebehülse 2242a kann durch den Aktor 2260 in eine Neutralstellung verschoben werden oder mit dem Gangrad verbleiben und durch Absenken der Motordrehzahl, beispielsweise durch Rücknahme der Drosselklappenöffnung durchläuft das Losrad 2233 des zweiten Ganges 2 die Synchrondrehzahl mit gleicher Beschleunigung an der als Schaltkupplung wirkenden Schiebehülse 2240a und der Aktor 2262 stellt den Formschluß zwischen Losrad 2233 und dem Zahnrad 2240 her. Danach wird die Lastschaltkupplung 2280 wieder ausgerückt.

Nach derselben Prozedur wird der Gang 3 geschaltet. Beim Schalten von 3 → 4 wird zuerst die Lastschaltkupplung 2280 betätigt und bei Erreichen der Synchrondrehzahl durch den Aktor 2262 die Schiebehülse 2240a in Neutralstellung, das heißt in eine Position, in dem kein Formschluß zu den Zahnrädern 2233, 2232 erfolgt, bewegt und die Lastschaltkupplung 2280 eingerückt. Die Anfahrkupplung 2203 bleibt geöffnet.

Die Gänge 5, 6 werden in an sich bekannter Weise mit Zugkraftunterbrechung eingelegt. Beim Schalten vom vierten in den fünften Gang wird zunächst die Lastschaltkupplung 2280 geöffnet, der Motor 2202 synchronisiert anschließend die Getriebeeingangswelle 2204 auf die neue Synchrondrehzahl vorzugsweise durch Rücknahme der Drosselklappenöffnung, dann wird die Schiebehülse 2241a durch den Aktor 2261 in die entsprechende Richtung zur Bildung des Formschlusses des Zahnrads 2241 mit dem 2221 verschoben. Der sechste Gang wird durch Verschieben der Schiebehülse in Richtung Losrad 2221a durch Bildung des Formschlusses geschaltet, wobei eine Synchronisation über die Motordrehzahl erfolgt.

Das Zurückschalten aus den Gängen 5 → 4, 6 → 5 erfolgt in umgekehrter Reihenfolge, wie an sich bekannt. In Gang 6 wird die Schiebehülse 2241a zum Formschluß mit Zahnrad 2221 verschoben. Zum Einlegen des vierten Ganges 4, die Schiebehülse 2241a in Neutralstellung verschoben und die Lastschaltkupplung 2280 geschlossen.

Im weiteren Verlauf wird bei Schubrückstellungen, wobei in der Steuerung des Getriebes 2200 zwischen Schub- und Zugrückstellungen unterschieden wird und die Zugrückstellungen genau in umgekehrter Reihenfolge zum soeben be-



schriebenen Hochschalten erfolgen, der dritte Gang 3 eingelegt, indem zuerst zur Unterstützung der Schubkraft der erste Gang 1 durch Einrücken der Anfahrkupplung 2203 zugeschaltet, die Lastschaltkupplung 2280 ausgerückt, bei der Synchronisationsdrehzahl und Gleichheit der Beschleunigung an der Schiebehülse 2240a mittels der Schiebehülse 2240a ein Formschluß zwischen den Zahnraden 2240, 2232 mittels des Aktors 2262 hergestellt und abschließend die Anfahrkupplung 2203 wieder ausgerückt wird. Entsprechend erfolgt die Schaltung unter Schub vom dritten in den zweiten Gang, indem bei reibender beziehungsweise schlupfender Anfahrkupplung 2203 die Schiebehülse 2240a vom Zahnrad 2232 auf das Zahnrad 2233 bei der entsprechenden Synchronisationsdrehzahl axial verlagert wird. Die Rückschaltung in den ersten Gang 1 erfolgt durch Schließen der Anfahrkupplung und Verschieben der Schiebemuffe 2240 in Neutralstellung.

Fig. 53 zeigt ein dem in Fig. 52 dargestellten Getriebe 2200 ähnliches Ausführungsbeispiel eines Getriebes 2300, bei dem die Lastschaltkupplung 2380 im Gegensatz zur Lastschaltkupplung 2280 der Fig. 52 nicht als beölte, also vorzugsweise als Lamellenkupplung ausgeführt, sondern als Trockenkupplung, vorzugsweise mit Reibbelägen, ausgeführt ist. Hierzu wird die Lastschaltkupplung 2380 räumlich aus dem – nicht dargestellten – Getriebegehäuse in die ebenfalls nicht näher dargestellte Getriebeglocke verlagert, ohne dabei die prinzipielle Funktion der Anordnung des Getriebes 2280 zu ändern. Die Lastschaltkupplung 2380 kann dabei in das Kupplungsgehäuse der Anfahrkupplung 2303 integriert sein und eine Doppelkupplung mit zwei gegen axiale Verspanneinrichtungen wie beispielsweise Tellerfedern mittels der Aktoren 2365a, 2365b ausrückbar verspannt sein. Des weiteren kann – wie bei der beölte Lastschaltkupplung auch möglich – die Lastschaltkupplung 2380 mit einer im Kraftfluß zwischen der Kurbelwelle 2302a und dem Zahnradpaar 2320, 2330 für den vierten Gang wirksamen Dämpfungseinrichtung 2380a vorgesehen sein. Der vierte Gang 4 ist zusammen mit der Lastschaltkupplung 2380 axial in Richtung Kurbelwelle 2302a verlagert, das drehfest mit der Lastschaltkupplung 2380 verbundene Gangrad 2320 des vierten Ganges 4 ist mittels eines hohlwellenartigen Ansatzes 2320a, der durch das Getriebegehäuse in das Getriebe 2300 hindurchgeführt ist, auf der Hohlwelle 2306 für die Gangräder 2324, 2325 des ersten Ganges 1 und der Rückwärtsgangs R gelagert. Durch die Zusammenfassung der Kupplungen 2303, 2380 kann das Getriebe 2300 kompakter, das heißt in einer Form mit einem geringeren axialen Bauraum ausgestaltet und daher besser für einen Frontquereinbau im Fahrzeug vorgesehen werden.

Fig. 54 zeigt ein Ausführungsbeispiel eines Getriebes 2400, das den in den Fig. 52, 53 beschriebenen Ausführungsbeispielen ähnlich ist. Dort beschriebene Merkmale und Eigenschaften gelten bis auf die nachfolgend beschriebenen Unterschiede auch auf dieses Getriebe 2400.

Das Getriebe 2400 weist zwei Kupplungen 2403, 2480 auf, die vorteilhafterweise in einem Kupplungsgehäuse als zugeordnete Trockenkupplungen in der Getriebeglocke untergebracht sind.

Die Kupplungen 2403, 2480 werden von einem Aktor 2465 angesteuert, die Ansteuerlogik ist in Fig. 54a als Diagramm, in dem das von den Kupplungen 2403, 2480 übertragene Moment  $M$  in Abhängigkeit vom Aktorweg  $x$  aufgetragen ist. Beim Aktorweg  $x = 0$  ist die Kupplung 2403 vollständig eingerückt und überträgt das maximal übertragbare Moment  $M_0$ . Mit zunehmendem Aktorweg  $x$  wird sie ausgerückt und schlupft, bis sie bei  $x_0$  vollständig ausgerückt ist. An diesem Punkt ist die Kupplung 2280 ebenfalls vollständig ausgerückt und wird mit zunehmendem Aktorweg  $x$  entsprechend bis zum vollständigen Reibschluß eingerückt. Die beiden Kupplungen 2403, 2280 sind also ausgehend von der Aktorstellung  $x_0$  getrennt durch die Richtung des Aktorwegs  $x$  ansteuerbar.

Die erste Kupplung 2403 wirkt auf die Gänge 1 und R, die mittels dem drehfest auf der Abtriebswelle 2405 angeordneten Zahnrad 2442, der Schiebehülse 2442a und der Synchronisereinrichtung 2450 wahlweise mit der Abtriebswelle 2405 formschlüssig oder reibschlüssig verbindbar sind, wobei die Schiebehülse 2442a durch den Aktor 2460 axial verlagert wird und ein Getriebe  $i$  zwischen dem Aktor 2460 und der Schiebehülse 2442a vorgesehen sein kann. Weiterhin kann mittels der Schiebehülse 2443a ein drehfest auf der Hohlwelle 2406 angeordnetes Zahnrad 2443b mit einem auf der Eingangswelle 2404, die drehfest unter Zwischenschaltung der Dämpfungseinrichtung 2403a mit der Kurbelwelle 2402a verbunden ist, drehfest angeordneten Zahnrad 2443 verbunden und somit ein Kraftschluß zwischen Hohlwelle 2406 und Eingangswelle 2404 gebildet werden. Die Gänge 2 und 3 sowie 5 und 6 können jeweils – wie bereits in den Fig. 52, 53 beschrieben – mittels den entsprechenden Schiebehülsen angewählt werden und sind auf der Eingangswelle 2404 und der Abtriebswelle 2405 angeordnet.

Der Schaltvorgang dieses Getriebes ergibt sich nach Fig. 54 wie folgt: Der erste Gang 1 oder der Rückwärtsgang R wird durch Betätigung der Schiebehülse 2442a ausgewählt und das Anfahren des Fahrzeugs erfolgt durch Schließen der ersten Kupplung 2403.

Bei Erreichen der Synchrondrehzahl zwischen der Kupplung 2403 und der Eingangswelle 2404 wird durch die Schiebehülse 2443a ein Formschluß gebildet, so daß bei einer Zughochschaltung in Gang 2 die Kupplung 2403 ohne Unterbrechung des Kraftflusses über Gang 1 ausgerückt werden kann. Anschließend wird durch Einrücken der Kupplung 2480 am vierten Gang 4 ein Übertragungsmoment aufgebaut werden und die Schiebehülse 2443a bei Abfallen des an dem Formschluß anliegenden Übertragungsmoments auf Null in Neutralstellung verschoben werden. Die Schiebehülse 2440a stellt dann einen Formschluß zur Abtriebswelle 2405 her, wenn die Synchronisationsdrehzahl mit der Eingangswelle 2404 erreicht ist, wobei die Drehzahl der Eingangswelle mittels der Motordrehzahl variiert werden kann. Der Aktor 2465 wird dann in Mittelstellung  $x_0$  zurückgefahren und damit die Kupplung 2480 ausgerückt.

Zur Zugschaltung von Gang 2 nach Gang 3 wird die Kupplung 2480 eingerückt und bei Synchronisierungsbedingungen mittels der Schiebehülse 2440a ein Formschluß über den Gang 3 zwischen Eingangswelle 2404 und Abtriebswelle 2405 hergestellt und anschließend die Kupplung 2480 wieder ausgerückt.

Der vierte Gang 4 wird durch Schließen der Kupplung 2480 eingelegt, nachdem die Schiebehülse 2440a in die Neutralposition, in der weder ein Formschluß zu Gang 2 noch zu Gang 3 vorgesehen ist, verlagert wurde.

Die Gänge 5, 6 werden nach dem Schließen der Verbindung zwischen Hohlwelle 2406 und Eingangswelle 2404 durch die Schiebehülse 2443a in an sich bekannter Weise mit Zugkraftunterbrechung und Synchronisierung über die Motordrehzahl ein- und ausgerückt.

Für Schubrückschaltungen gilt folgender Ablauf:

Nach dem Lösen der Verbindung zwischen Eingangswelle 2403 und Hohlwelle 2406 kann durch Schließen der Kupplung 2480 der vierte Gang 4 eingelegt werden, nachdem die Schiebehülse 2441a in Neutralposition verlagert wurde.

Die nächste Abwärtsschaltstufe im Schubbetrieb von Gang 4 nach Gang 3 erfolgt durch Öffnen der Kupplung 2480 und Benutzen des ersten Gangs 1 als Schubkraftunterstützung, indem die erste Kupplung 2403 geschlossen wird, währenddessen bei der Synchronisationsdrehzahl der dritte Gang 3 eingerückt wird und anschließend die erste Kupplung 2403 geöffnet wird. In den zweiten Gang 2 wird entsprechend unter Benutzung des ersten Gangs 1 als Schubkraftunterstützung zur Abbremsung des Fahrzeugs während des Schaltvorgangs geschaltet. Der erste Gang wird durch eine Aktorbewegung des Aktors 2465 vom Maximalweg zu Minimalweg geschaltet, während die Schiebehülse 2440a in Neutralstellung gebracht wird. Die Schiebehülsen 2443a, 2400a und 2441a können vorzugsweise von zwei Aktoren 2461, 2462 über ein Getriebe i betätigt werden.

Im Ausführungsbeispiel eines Getriebes 2500 in Fig. 55 sind ebenfalls zwei von einem Aktor 2565 angesteuerte Kupplungen 2503, 2580 vorgesehen, die allerdings eine zum Getriebe 2400 in Fig. 54 geänderte Schaltlogik aufweisen, die im Fig. 55a als Diagramm des übertragenen Moments M als Funktion des Aktorweges x dargestellt ist. Die Kupplungen 2503, 2580 werden dabei sequentiell entlang des zunehmenden Aktorweges x eingerückt. Die Kupplung 2503 ist jedoch schon vollständig eingerückt und überträgt das volle Reibmoment, wenn die Kupplung 2580 sich am Greifpunkt befindet. Es lassen sich daher die Zustände "beide Kupplungen ausgerückt", "Kupplung 2503 eingerückt" und "beide Kupplungen eingerückt" unterscheiden.

Die Kupplung 2580 verbindet im eingerückten Zustand die Kurbelwelle 2502a mit der Hohlwelle 2506, die von der Kupplungsglocke ins Getriebe geführt ist und auf der Eingangswelle 2504 gelagert ist. Mit der Hohlwelle 2506 ist die Eingangswelle 2504 über die Schiebehülse 2543a und die Abtriebswelle 2505 über das Gangradpaar 2520, 2530 des vierten Gangs 4 verbunden, wobei der vierte Gang 4 an die Hohlwelle 2506 über die Schiebehülse 2544a mittels einer entsprechenden Synchronisiereinrichtung 2554 ankoppelbar ist, sowie der Rückwärtsgang mittels der Schiebehülse 2546a drehfest verbindbar. Die Schiebehülsen werden – wie zuvor beschrieben – von entsprechenden Aktoren, die über entsprechende Zwischengetriebe i miteinander verknüpft und/oder übersetzt sein können, beschaltet. Gang 1 ist mittels der Schiebehülse 2547a mit der Abtriebswelle 2505 koppelbar. Die Gänge 2 und 3 sind über die Schiebehülse 2540a alternativ mit der Abtriebswelle 2505 und die Gänge 5 und 6 alternativ über die Schiebehülse 2541a mit der Eingangswelle 2504 zur Bildung der entsprechenden Übersetzung zwischen Antrieb und Abtrieb des Getriebes koppelbar.

Die Funktionsweise dieser Ausführungsform sieht ebenfalls ein Anfahren im ersten Gang 1 oder Rückwärtsgang R mit der ersten Kupplung 2503 vor.

Hierzu wird die entsprechende Schiebehülse 2546a, 2547a betätigt und die Kupplung 2503 eingerückt.

Zum Schalten unter Zug in den Gang 2 wird der Aktor 2565 weiter ausgelenkt und damit die zweite Kupplung 2580 und die Schiebehülse 2544a für den vierten Gang 4 zur Zugkraftunterstützung und Synchronisation eingerückt, während die Zugkraft durch Verschieben der Schiebehülse 2547a am ersten Gang 1 abgebaut und durch den Formschluß mittels der Schiebehülse 2540a zwischen Eingangswelle 2504 und Abtriebswelle 2505 am Gang 2 wieder aufgebaut wird. Anschließend wird die Kupplung 2580 wieder ausgerückt, wodurch der Gang 4 kein Moment mehr übertragen kann. Dieser Vorgang wird beim folgenden Hochschaltvorgang zum Wechsel der Schiebehülse auf den Gang 3 wiederholt. Beim Schalten auf den Gang 4 wird die Kupplung 2580 eingerückt und die Schiebehülse 2540a in Neutralstellung verschoben. Die Gänge 5 und 6 werden ohne Zugkraftunterstützung eingelegt. Die Schiebehülse 2541a bildet dabei mit dem Gangrad der gewünschten Übersetzung einen Formschluß.

Zum abwärts schalten in den Gang 4 wird die Schiebehülse 2541a in Neutralstellung gebracht und die Schiebehülse 2544a mit dem vierten Gang 4 verbunden.

Analog zu den insbesondere in den Fig. 52–54 beschriebenen Ausführungsbeispielen wird ebenfalls der Gang 1 als Schubkraftunterstützung während des Schaltvorgangs benutzt. Anhand des Beispiels der Rückschaltung von Gang 4 nach Gang 3 wird dies beispielhaft auf das vorliegende Ausführungsbeispiel angewandt. Hier wird zuerst mittels der Schiebehülse 2543a der vierte Gang mit der Eingangswelle 2504 verbunden und beide Kupplungen 2503, 2580 geöffnet, dann wird der Gang 1 mittels der Schiebehülse 2547a eingelegt und der Gang 3 mittels der Schiebehülse 2540a bei Synchronisationsdrehzahl und Beschleunigungsgleichheit eingelegt, die Verbindung der Eingangswelle 2504 zur Hohlwelle 2506 mittels der Schiebehülse getrennt und die Kupplung 2503 ausgerückt.

Fig. 56 zeigt ein Ausführungsbeispiel eines Getriebes 2600, das ohne eine zweite Reibungskupplung auskommt und dennoch eine Zug- und Schubkraftunterstützung aufweist. Dabei ist die Reibungskupplung 2603 zugleich Anfahr- und Lastschaltkupplung. Für den Hochschaltvorgang wird – wie in den vorangegangenen Ausführungsbeispielen – ein hoher Gang, beispielsweise hier Gang 4 als Zugkraftunterstützung sowie ein kleiner Gang zur Schubkraftunterstützung – hier beispielsweise Gang 1 während des Schaltvorgangs zwischengeschaltet.

Angefahren wird im Gang 1, indem die Schiebehülse 2647a einen Formschluß mit der Kupplung 2603 über die Hohlwelle 2606 ausbildet und indem die Kupplung 2603 geschlossen wird. Zur Schaltung in den zweiten Gang 2 wird über die Schiebemuffe 2643a bei eingerückter Kupplung 2603 die mit der Kurbelwelle 2602a direkt verbundene Eingangswelle 2604 mit dem ersten Gang 1 verbunden, so daß das Motormoment auf diesem Weg über den ersten Gang 1 zur Ausgangswelle 2605 übertragen wird und die Schiebemuffe 2647a einen Formschluß mit dem vierten Gang bilden kann, der über die eingerückte Kupplung 2603 das Motordrehmoment an die Abtriebswelle 2605 abgibt, bis mittels der Schiebehülse 2640a der zweite Gang 2 mittels der Motordrehzahl synchronisiert eingelegt ist und der vierte Gang durch Bedienung der Kupplung 2603 wieder deaktiviert werden kann. Entsprechend erfolgt ein Gangwechsel von 2 → 3. Der vierte Gang wird durch Einrücken der Kupplung 2603 und gleichzeitigem Verschieben der Schiebehülse 2640a in Neutralstellung eingelegt. Gang 5 und 6 werden nach Ausrücken der Kupplung 2603 über die Motordrehzahl synchronisiert eingelegt und ausgerückt.

Die Rückschaltvorgänge mittels Nutzung des ersten Gangs 1 werden beispielhaft an der Schaltung 3 → 2 erläutert. Über die Schiebehülse 2647a wird bei ausgerückter Kupplung 2603 der erste Gang 1 aktiviert. Die Kupplung 2603 wird geschlossen und dadurch Drehmoment über Gang 1 an die Abtriebswelle aufgebaut. Bei der Synchrohdrehzahl wird die Schiebehülse 2640a betätigt und der Gang 2 eingelegt und anschließend die Kupplung 2603 zur Freischaltung des ersten Gangs wieder ausgerückt.

Die mit der Anmeldung eingereichten Patentansprüche sind Formulierungsvorschläge ohne Präjudiz für die Erzielung

weitergehenden Patentschutzes. Die Anmelderin behält sich vor, noch weitere, bisher nur in der Beschreibung und/oder Zeichnungen offenbarte Merkmale zu beanspruchen.

In Unteransprüchen verwendete Rückbeziehungen weisen auf die weitere Ausbildung des Gegenstandes des Hauptanspruches durch die Merkmale des jeweiligen Unteranspruches hin; sie sind nicht als ein Verzicht auf die Erzielung eines selbständigen, gegenständlichen Schutzes für die Merkmale der rückbezogenen Unteransprüche zu verstehen.

Die Gegenstände dieser Unteransprüche bilden jedoch auch selbständige Erfindungen, die eine von den Gegenständen der vorhergehenden Unteransprüche unabhängige Gestaltung aufweisen.

Die Erfindung ist auch nicht auf das (die) Ausführungsbeispiel(e) der Beschreibung beschränkt. Vielmehr sind im Rahmen der Erfindung zahlreiche Abänderungen und Modifikationen möglich, insbesondere solche Varianten, Elemente und Kombinationen und/oder Materialien, die zum Beispiel durch Kombination oder Abwandlung von einzelnen in Verbindung mit den in der allgemeinen Beschreibung und Ausführungsformen sowie den Ansprüchen beschriebenen und in den Zeichnungen enthaltenen Merkmalen bzw. Elementen oder Verfahrensschritten erfinderisch sind und durch kombinierbare Merkmale zu einem neuen Gegenstand oder zu neuen Verfahrensschritten bzw. Verfahrensschrittfolgen führen, auch soweit sie Herstell-, Prüf- und Arbeitsverfahren betreffen.

#### Patentansprüche

1. Getriebe, wie Zahnradwechselgetriebe, mit zumindest zwei Wellen, wie einer Eingangswelle, einer Ausgangswelle und gegebenenfalls einer Vorgelegewelle, mit einer Mehrzahl von Zahnradpaaren, mit mittels Kupplungen mit einer ersten Welle drehfest verbindbaren Zahnradern, wie Losrädern, und mit mit einer Welle drehfest angeordneten Zahnradern, wie Gangrädern, mit einer eingangsseitig angeordneten schaltbaren Anfahrkupplung. 20
2. Getriebe, wie Zahnradwechselgetriebe, mit zumindest zwei Wellen, wie einer Eingangswelle, einer Ausgangswelle und gegebenenfalls einer Vorgelegewelle, mit einer Mehrzahl von Zahnradpaaren, mit mittels Kupplungen mit einer ersten Welle drehfest verbindbaren Zahnradern, wie Losrädern, und mit mit einer Welle drehfest angeordneten Zahnradern, wie Gangrädern, mit einer eingangsseitig angeordneten schaltbaren Anfahrkupplung, dadurch gekennzeichnet, daß zumindest eine der Kupplungen als Kupplung mit höherem übertragbarem Drehmoment, wie Lastschaltkupplung, ausgebildet ist und die Anfahrkupplung und die Lastschaltkupplung zumindest von einer Betätigungseinheit betätigbar sind. 25
3. Getriebe insbesondere nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, daß die Lastschaltkupplung dann einrückbar ist, wenn die Anfahrkupplung zumindest teilweise eingerückt ist. 30
4. Getriebe insbesondere nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, daß die Lastschaltkupplung dann einrückbar ist, wenn die Anfahrkupplung bereits eingerückt ist.
5. Getriebe nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, daß zumindest ein Losrad mittels einer ersten Kupplung und/oder einer Lastschaltkupplung mit einer Welle verbindbar ist.
6. Getriebe insbesondere nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, daß zwei der Losräder mittels einer ersten Kupplung und/oder einer Lastschaltkupplung mit einer Welle verbindbar sind. 35
7. Getriebe insbesondere nach einem der Ansprüche 5 oder 6, dadurch gekennzeichnet, daß das Losrad des höchsten Ganges mit einer Kupplung und/oder einer Lastschaltkupplung mit einer Welle verbindbar sind.
8. Getriebe insbesondere nach einem der Ansprüche 5 oder 6, dadurch gekennzeichnet, daß das Losrad eines Ganges mit einer Kupplung und/oder einer Lastschaltkupplung mit einer Welle verbindbar sind. 40
9. Getriebe insbesondere nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß die Kupplung zur Verbindung zumindest eines Losrades mit einer Welle eine formschlüssige Kupplung ist.
10. Getriebe insbesondere nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß die Kupplung zur Verbindung zumindest eines Losrades mit einer Welle eine reibschlüssige Kupplung ist.
11. Getriebe insbesondere nach einem der vorhergehenden Ansprüche 8 oder 8, dadurch gekennzeichnet, daß die Kupplung zur Verbindung zumindest eines Losrades mit einer Welle eine zwischen geschaltete Synchronisiereinrichtung aufweist. 45
12. Getriebe insbesondere nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß die Lastschaltkupplung eine reibschlüssige Kupplung ist.
13. Getriebe insbesondere nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß die Anfahrkupplung eine reibschlüssige Kupplung ist. 50
14. Getriebe insbesondere nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß die Anfahrkupplung in einem Raumbereich einer Kupplungsglocke angeordnet ist.
15. Getriebe insbesondere nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß zumindest eine Lastschaltkupplung in einem Raumbereich einer Kupplungsglocke angeordnet ist. 55
16. Getriebe nach Anspruch 13 oder 14, dadurch gekennzeichnet, daß die Anfahrkupplung und zumindest eine Lastschaltkupplung eine Trockenreibungskupplung ist.
17. Getriebe insbesondere nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß die Anfahrkupplung innerhalb des Getriebegehäuses angeordnet ist.
18. Getriebe insbesondere nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß zumindest eine Lastschaltkupplung innerhalb des Getriebegehäuses angeordnet ist. 60
19. Getriebe insbesondere nach Anspruch 16 oder 17, dadurch gekennzeichnet, daß die Anfahrkupplung und/oder zumindest eine Lastschaltkupplung eine Reibungskupplung ist.
20. Getriebe insbesondere nach Anspruch 16 oder 17, dadurch gekennzeichnet, daß die Anfahrkupplung ein hydrodynamischer Drehmomentwandler mit/ohne Wandlerüberbrückungskupplung ist. 65
21. Getriebe insbesondere nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß der Betätigungsaktor zur Betätigung von Anfahrkupplung und zumindest einer Lastschaltkupplung ein druckmittelbetätigter Aktor mit einer Druckmittelversorgung und zumindest einem Ventil ist, das die Druckmittelzuführung zu jeweils ei-

nem Nehmerzylinder an den beiden Kupplungen steuert.

22. Getriebe insbesondere nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß der Betätigungsaktor zur Betätigung von Anfahrkupplung und zumindest einer Lastschaltkupplung ein elektromotorisch angetriebener Aktor gegebenenfalls mit einem einem Elektromotor oder Elektromagnet nachgeschalteten Übersetzungs- oder Untersetzungsgetriebe ist.

23. Getriebe insbesondere nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß der Betätigungsaktor zur Betätigung von Kupplungen zum Gangwechsel ein druckmittelbetätigter Aktor mit einer Druckmittelversorgung und zumindest einem Ventil ist, daß die Druckmittelzuführung zu jeweils einem Nehmerzylinder an den Kupplungen steuert.

24. Getriebe insbesondere nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß der Betätigungsaktor zur Betätigung von Kupplungen elektromotorisch angetriebener Aktor gegebenenfalls mit einem einem Elektromotor oder Elektromagnet nachgeschalteten Übersetzungs- oder Untersetzungsgetriebe ist.

25. Getriebe insbesondere nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß das Getriebe eine Elektromaschine aufweist, die als Starter des Antriebsmotors des Fahrzeuges und/oder als Generator zur Erzeugung elektrischer Energie aus kinetischer Energie und dessen Rückführung dient.

26. Getriebe insbesondere nach Anspruch 24, dadurch gekennzeichnet, daß die elektrische Maschine über ein Gangrad des Getriebes antreibbar ist oder dieses antreibt.

27. Getriebe insbesondere nach Anspruch 24, dadurch gekennzeichnet, daß die elektrische Maschine über ein Schwungrad des Fahrzeugantriebsmotors antreibbar ist oder diesen antreibt.

28. Getriebe insbesondere nach Anspruch 24, dadurch gekennzeichnet, daß die elektrische Maschine über die Eingangswelle des Getriebes antreibbar ist oder diese antreibt.

29. Getriebe insbesondere nach einem der Ansprüche 24 bis 27, dadurch gekennzeichnet, daß die elektrische Maschine einen Stator und einen Rotor aufweist, wobei Stator und Rotor coaxial zur Getriebeeingangswelle angeordnet sind.

30. Getriebe insbesondere nach einem der Ansprüche 24 bis 27, dadurch gekennzeichnet, daß die elektrische Maschine einen Stator und einen Rotor aufweist, wobei Stator und Rotor relativ zu einer Achse angeordnet sind, wobei die Achse im wesentlichen parallel zur Getriebeeingangswelle angeordnet und ausgerichtet ist.

31. Getriebe insbesondere nach einem der Ansprüche 24 bis 27, dadurch gekennzeichnet, daß die elektrische Maschine einen Stator und einen Rotor aufweist, wobei Stator und Rotor coaxial zur Getriebeeingangswelle angeordnet sind und der Rotor mit einem Schwungrad oder einem mit der Getriebeeingangswelle verbundenen Element drehfest verbunden ist.

Hierzu 61 Seite(n) Zeichnungen

- Leerseite -

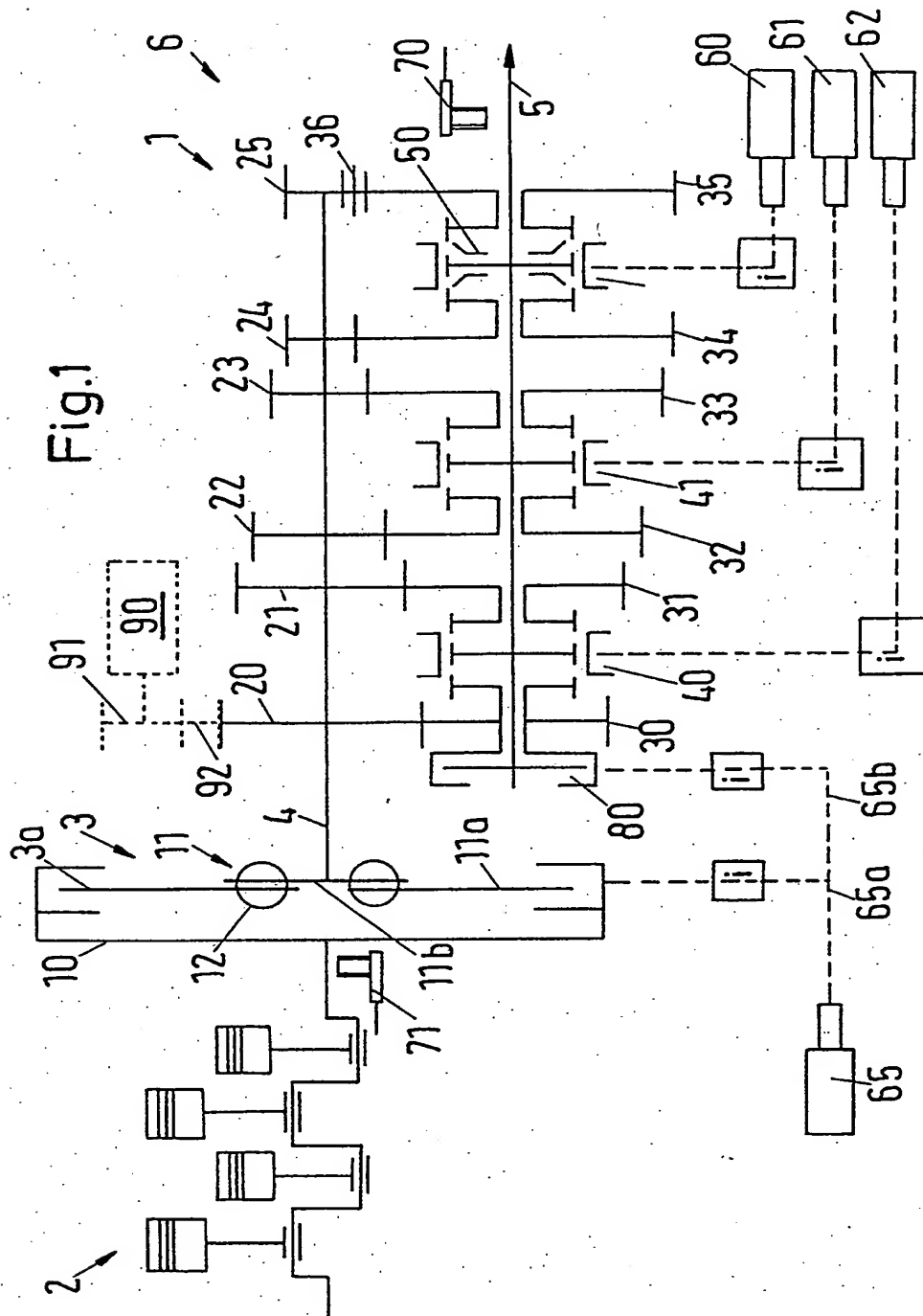


Fig.2

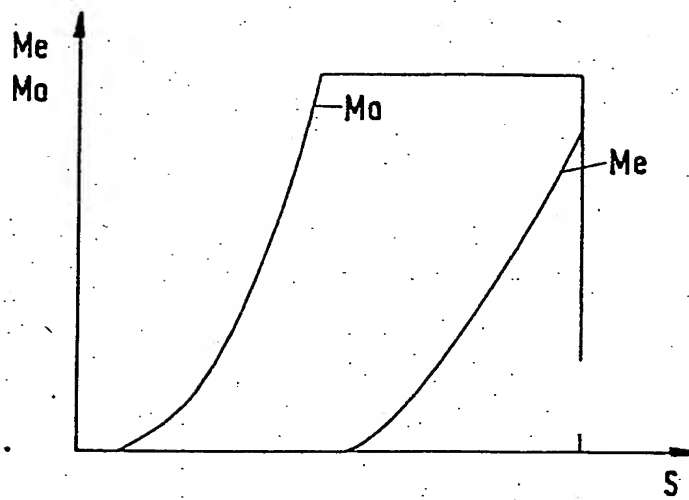


Fig.3a

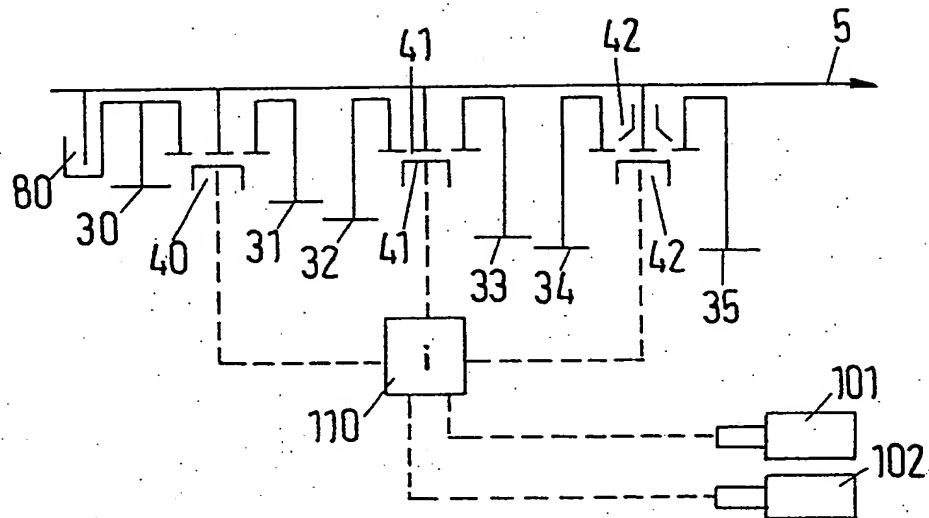


Fig.3b

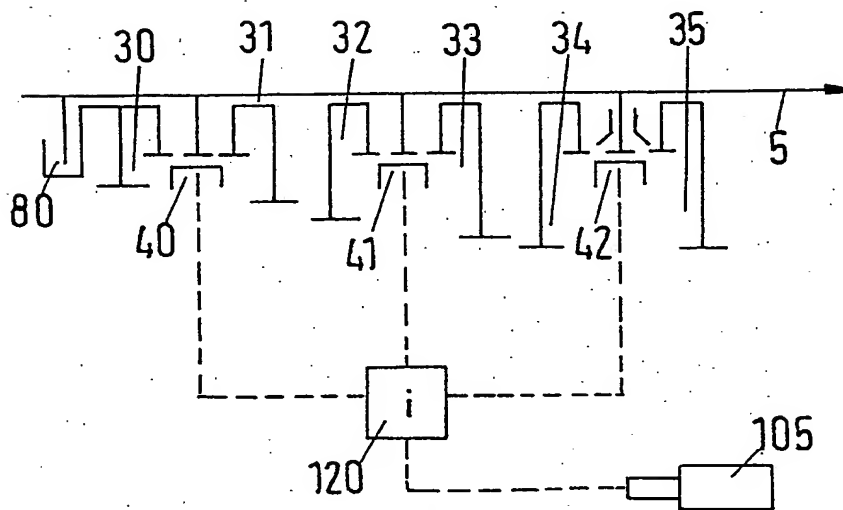




Fig.4a

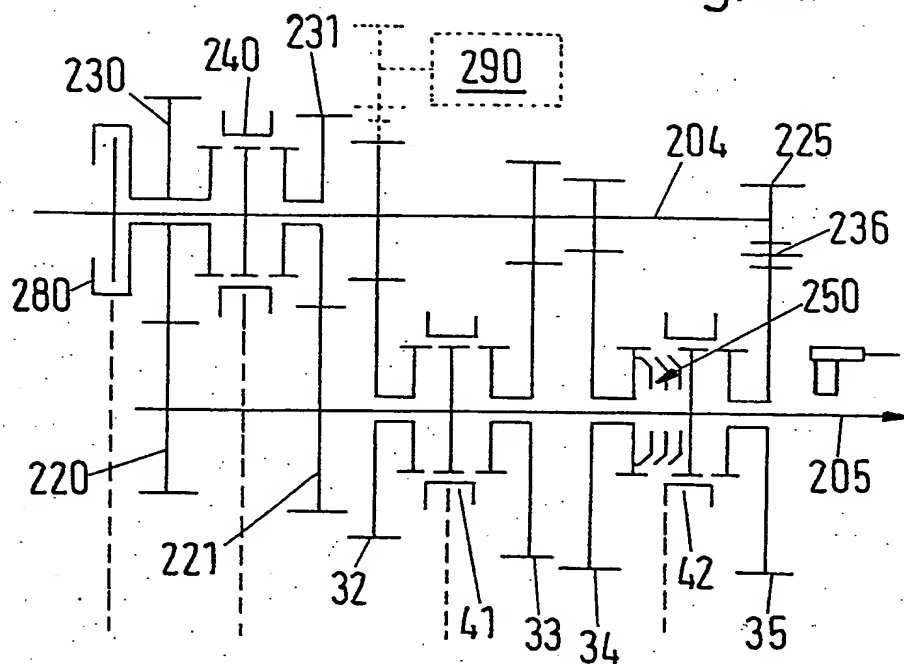
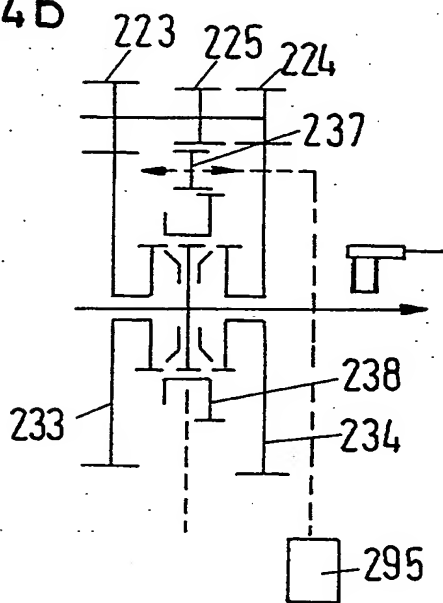
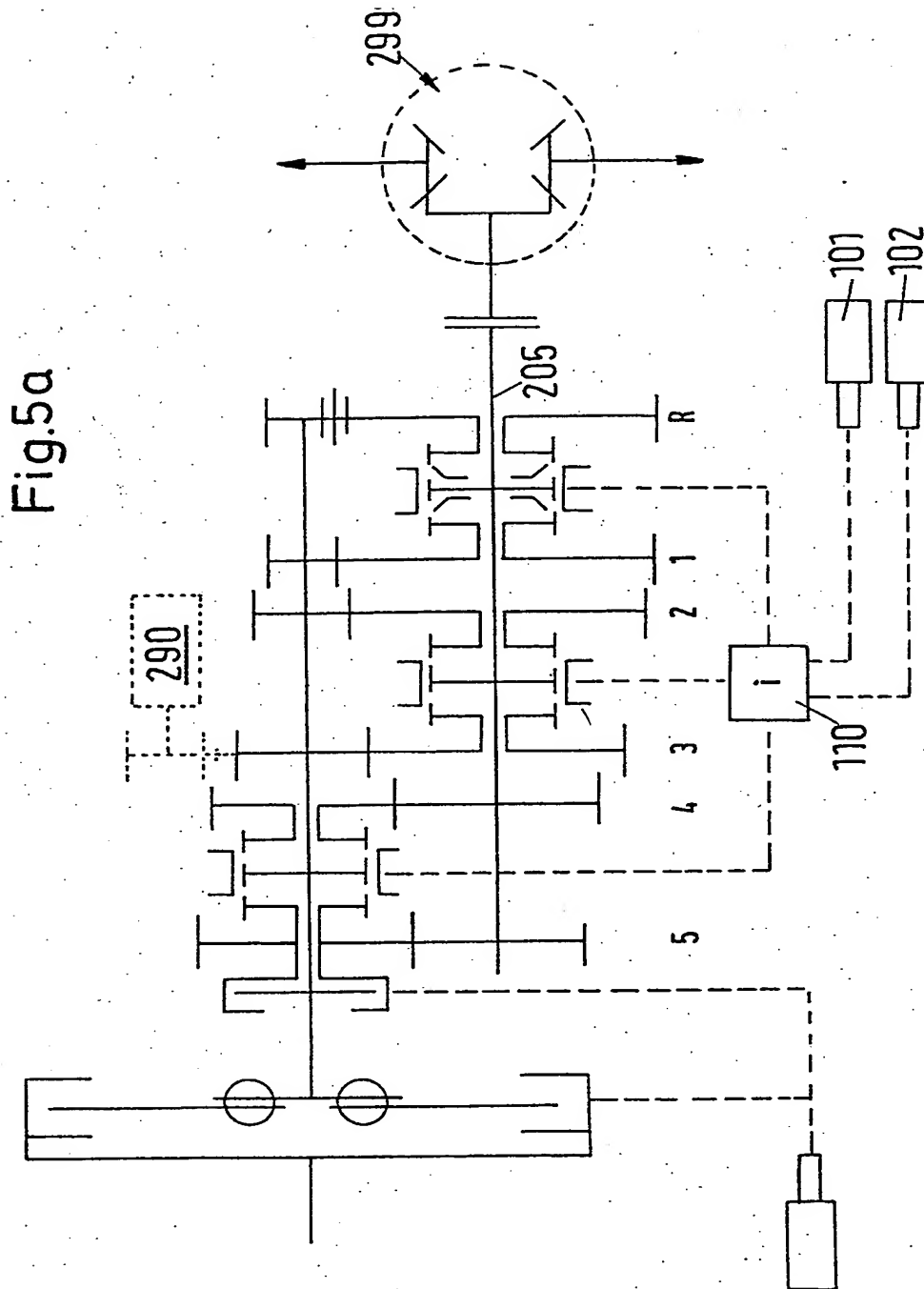


Fig.4b







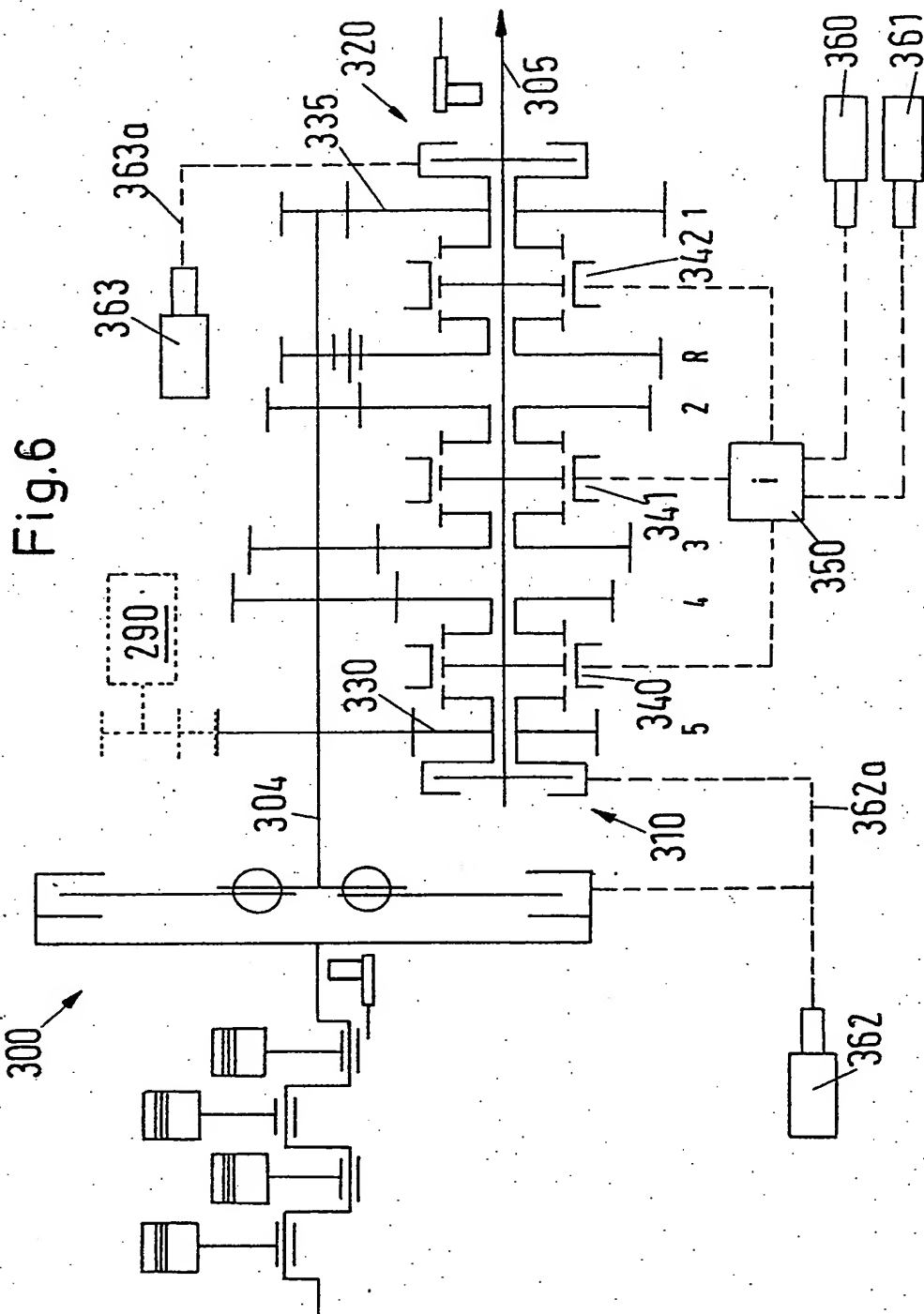


Fig. 7a

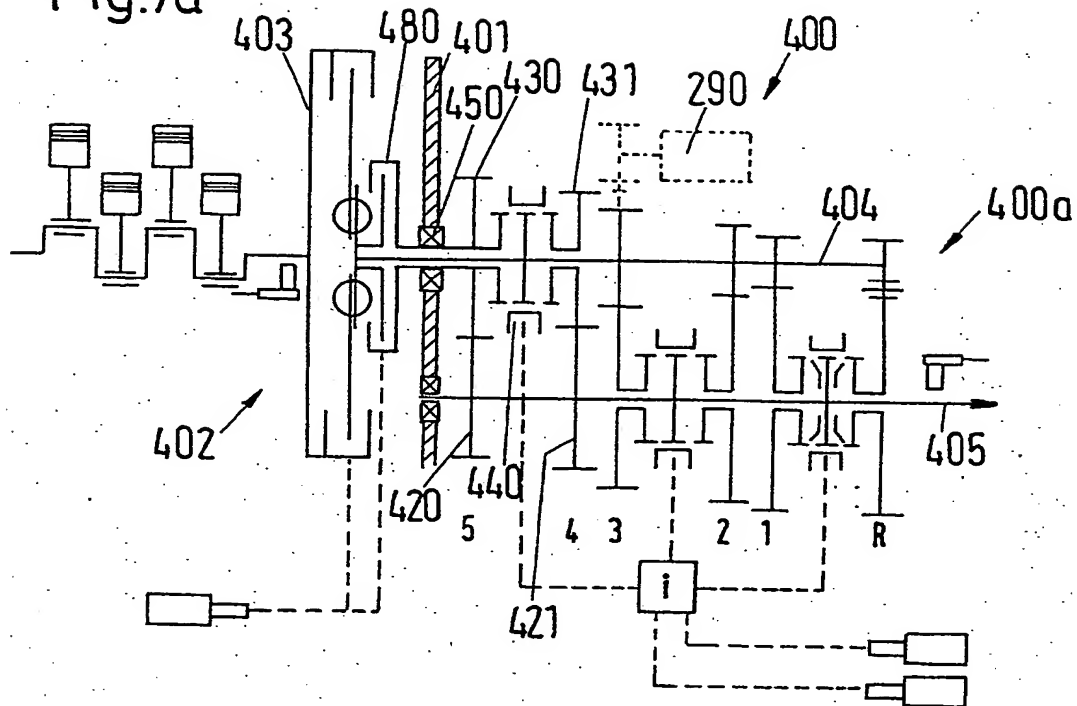
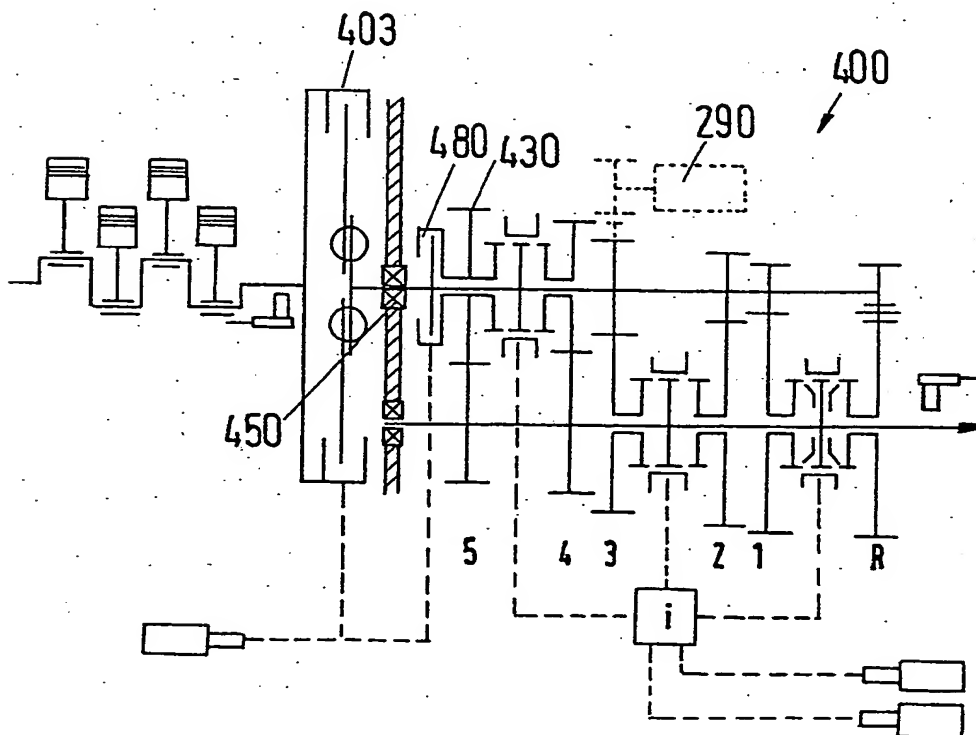
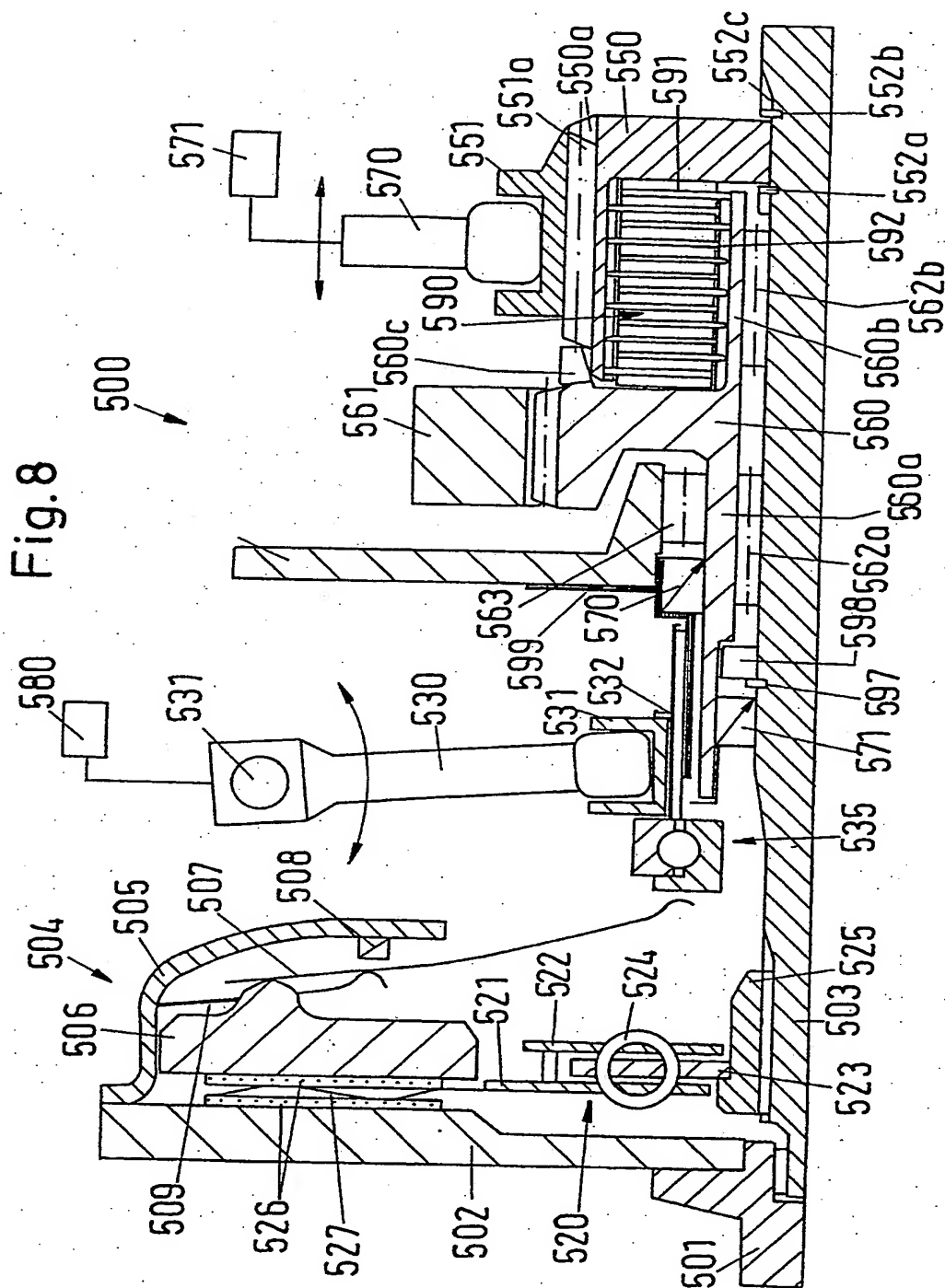
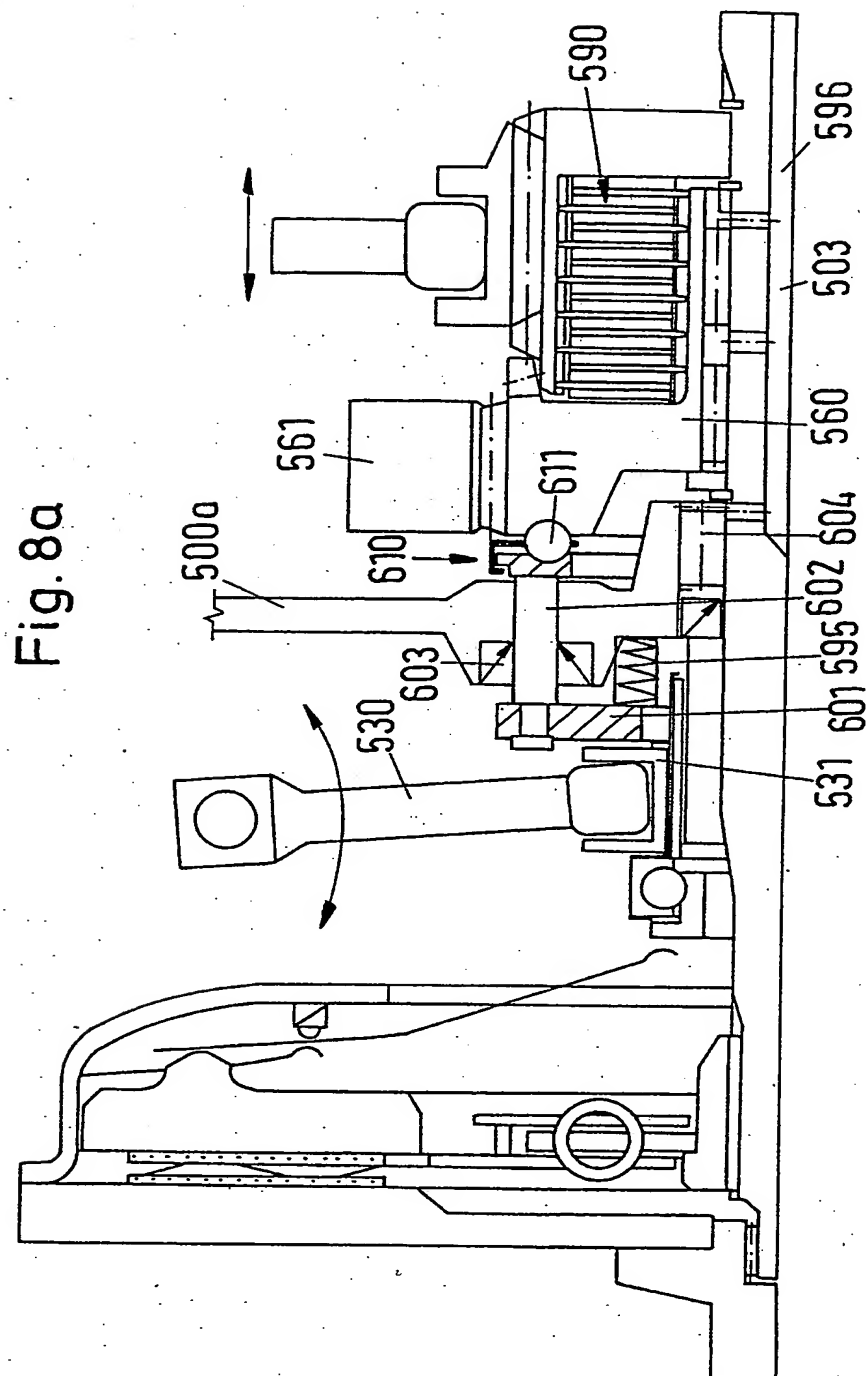


Fig. 7b









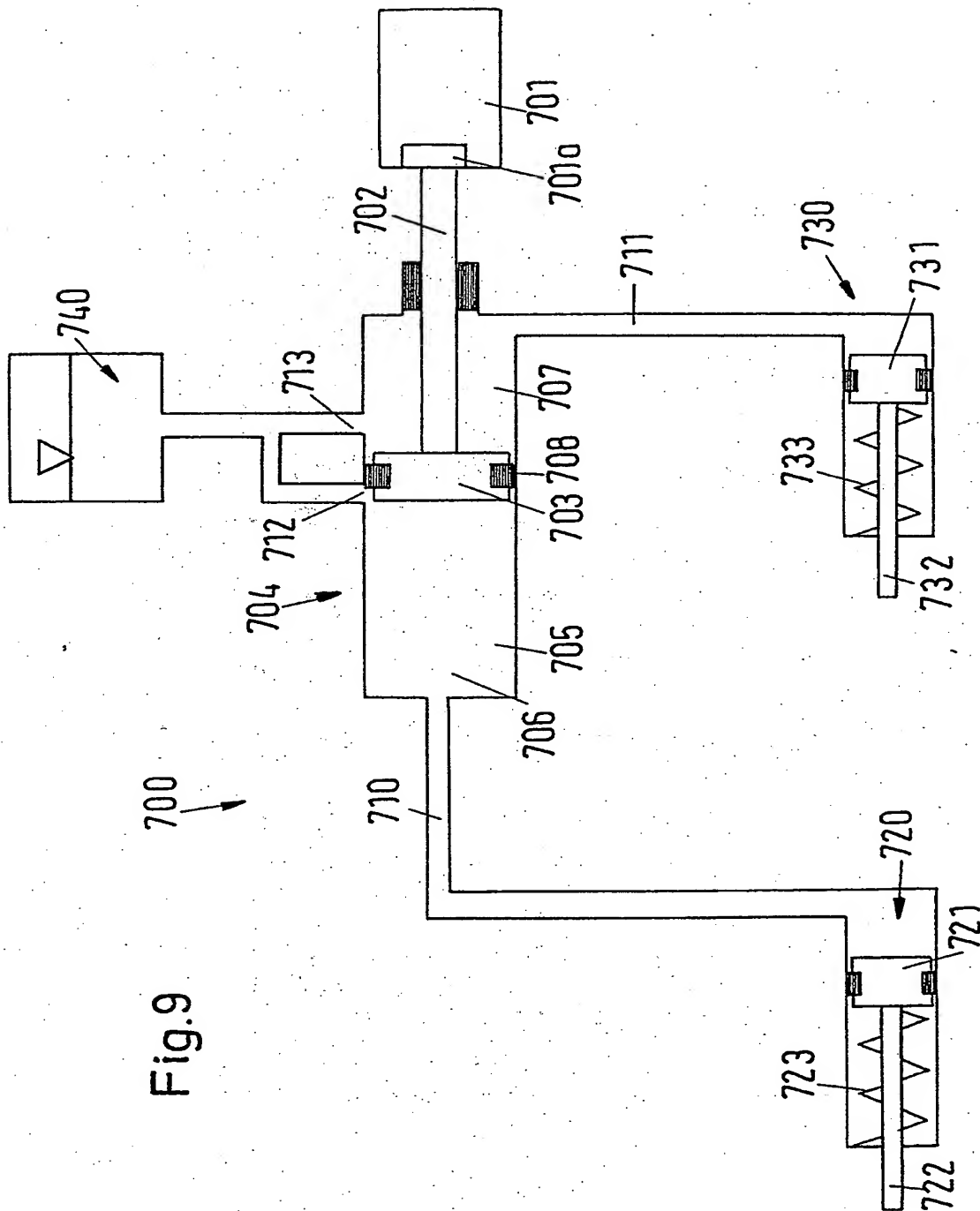
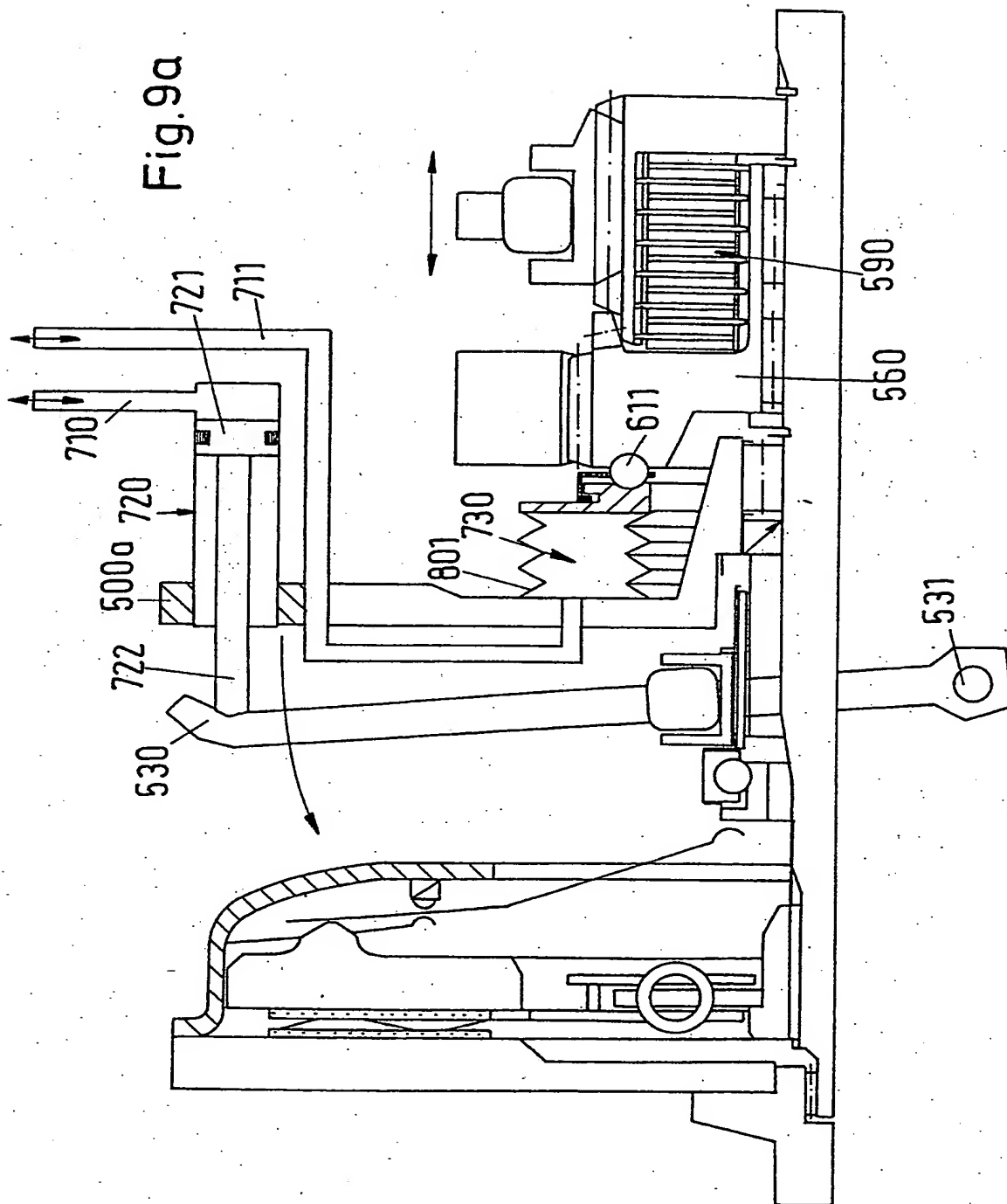


Fig.9



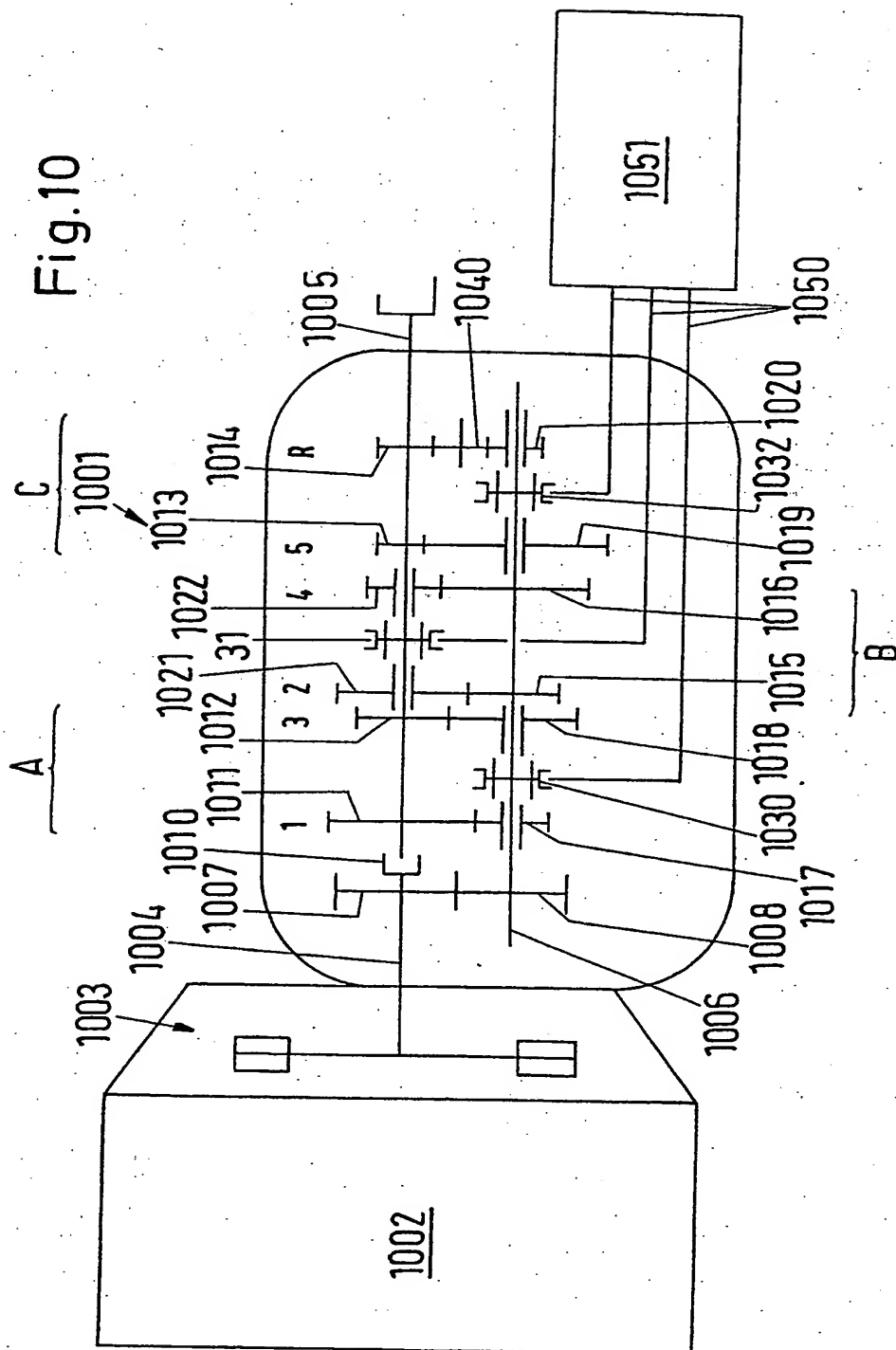


Fig.11a

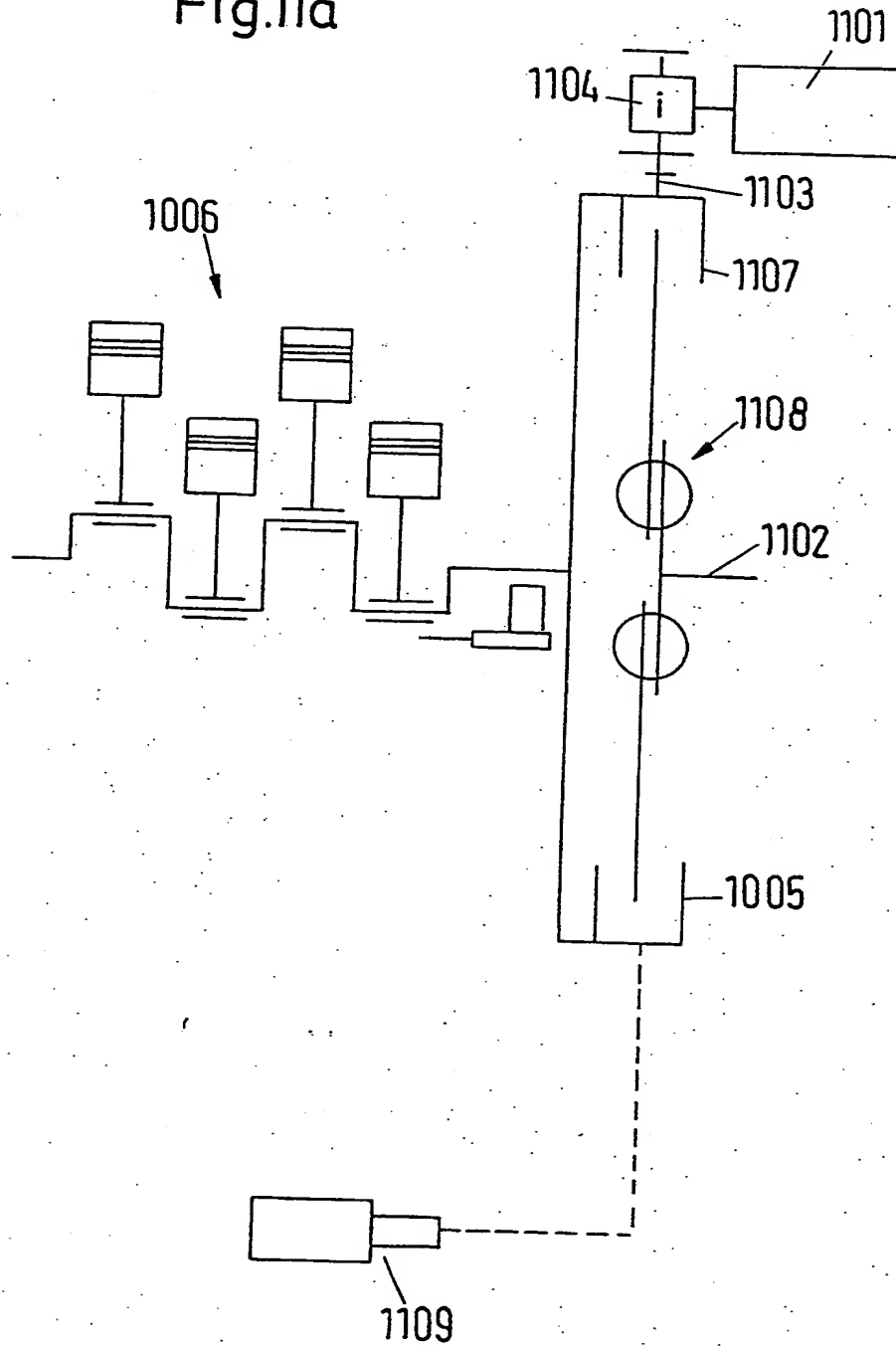


Fig.11b

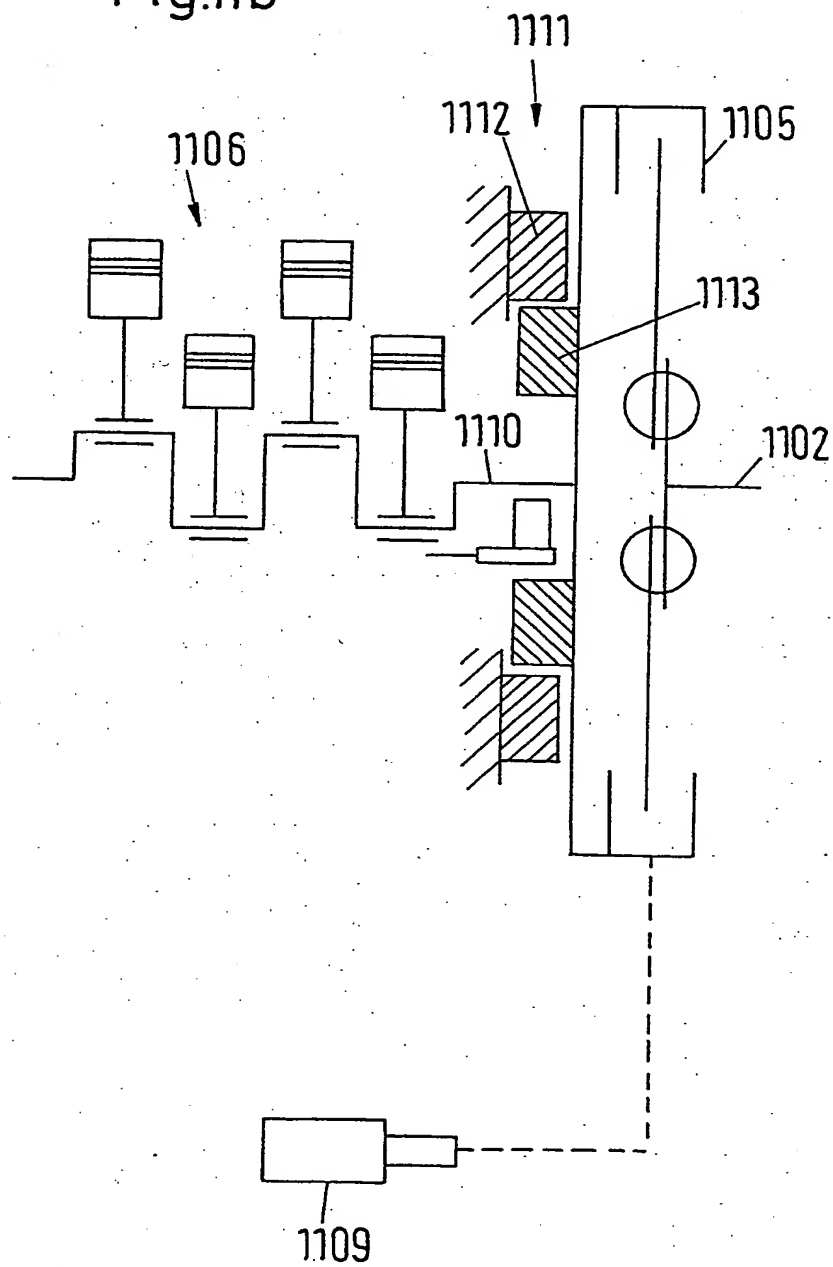
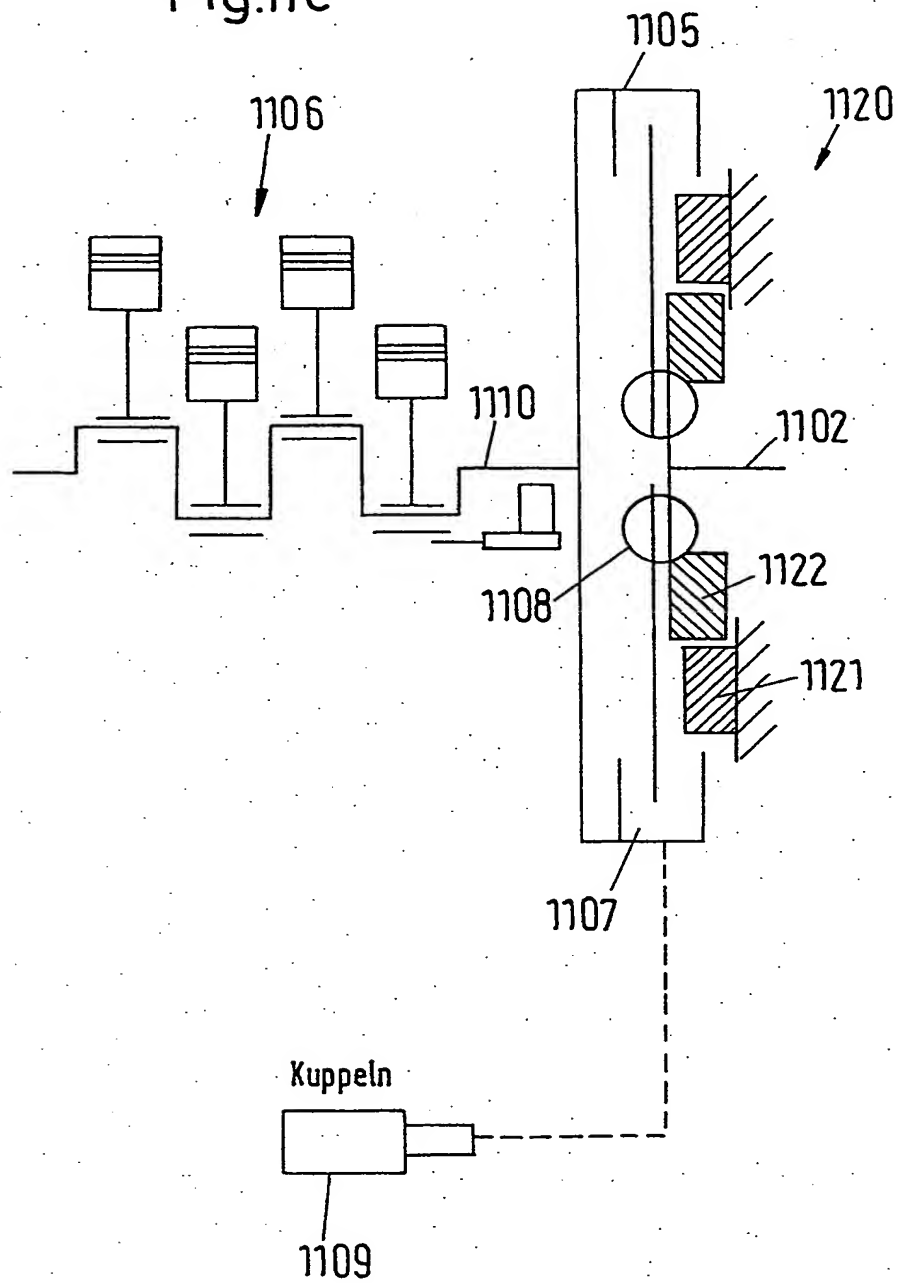


Fig.11c



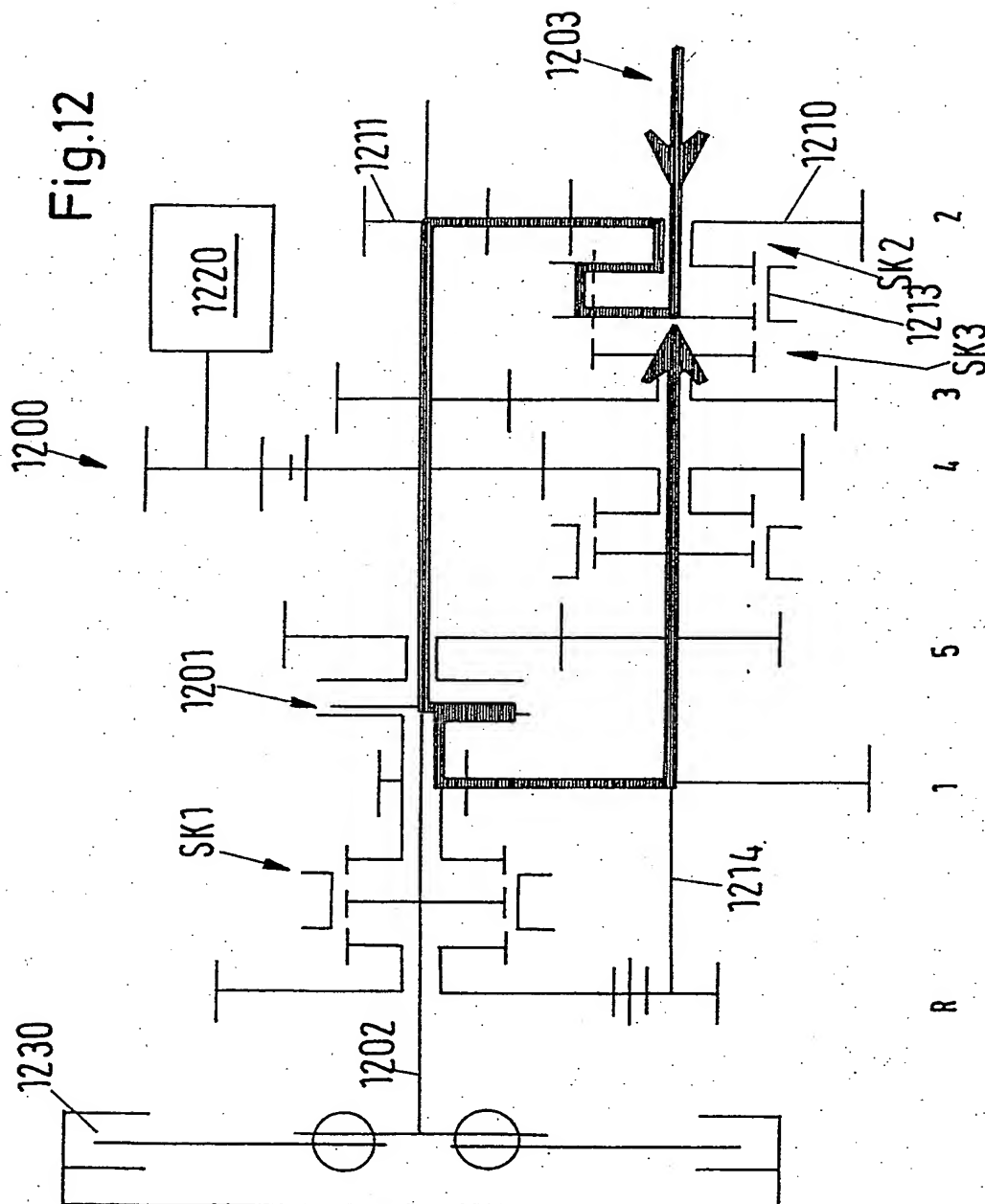




Fig.13a

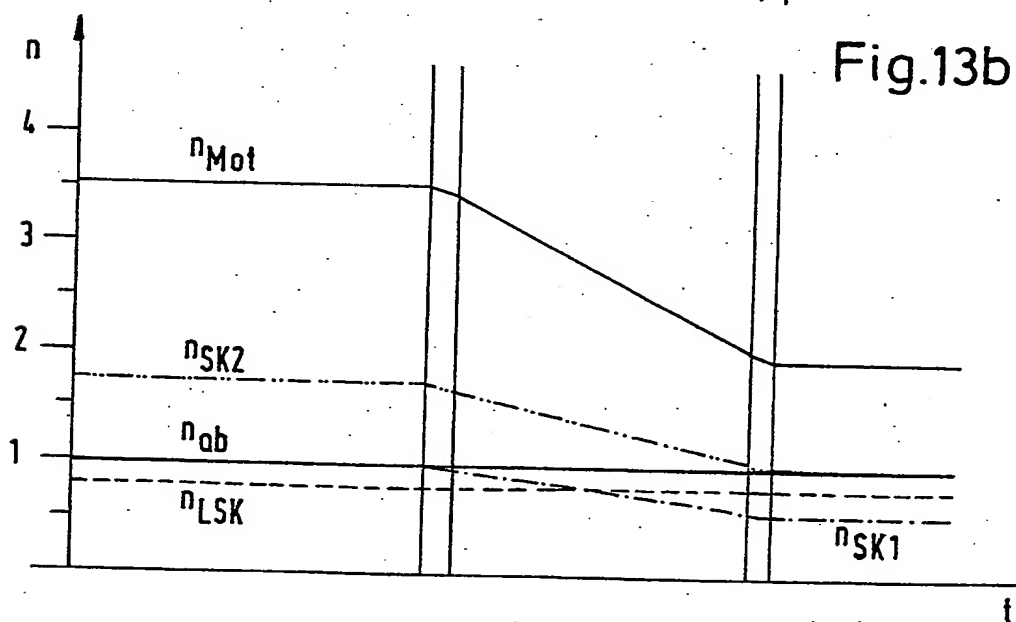
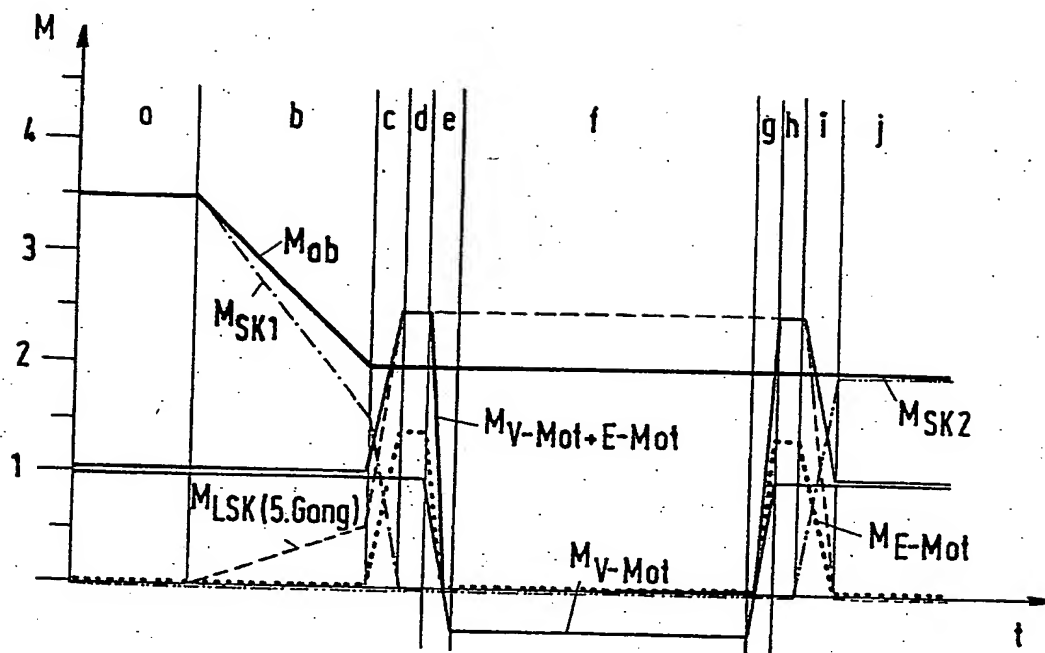


Fig.14a

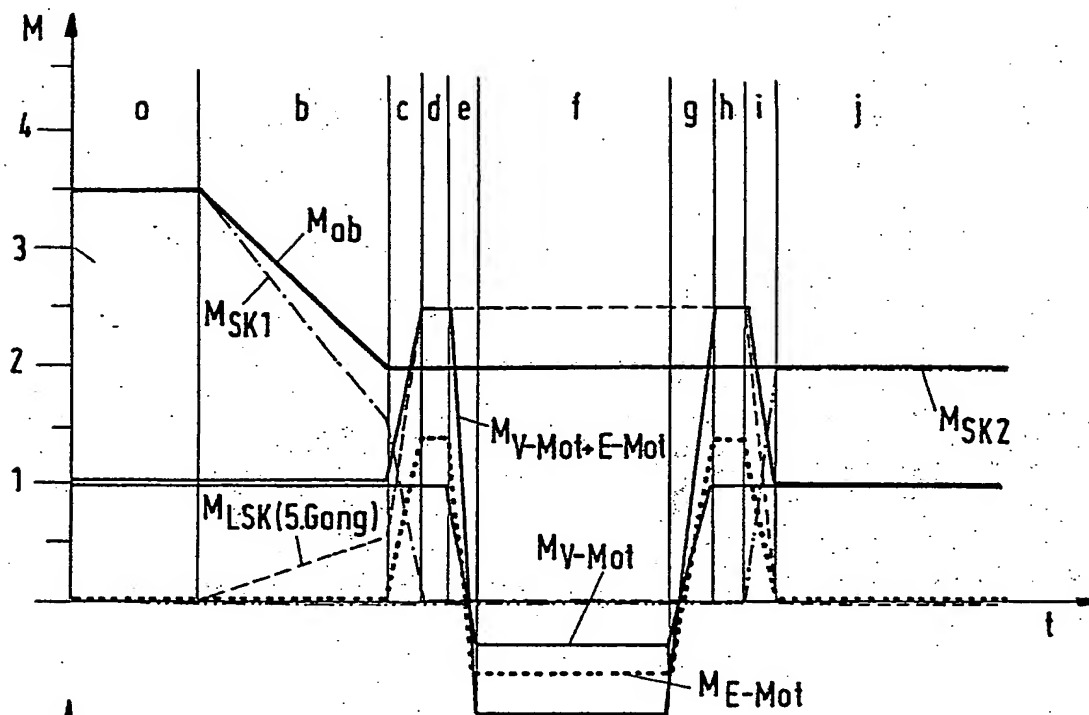


Fig.14b

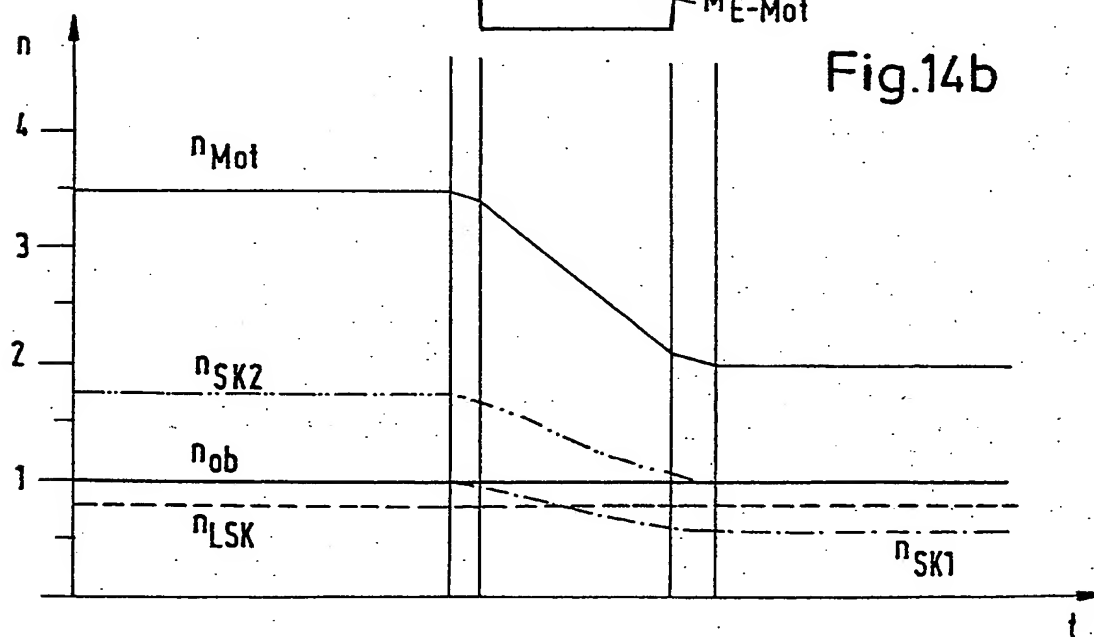


Fig.15a

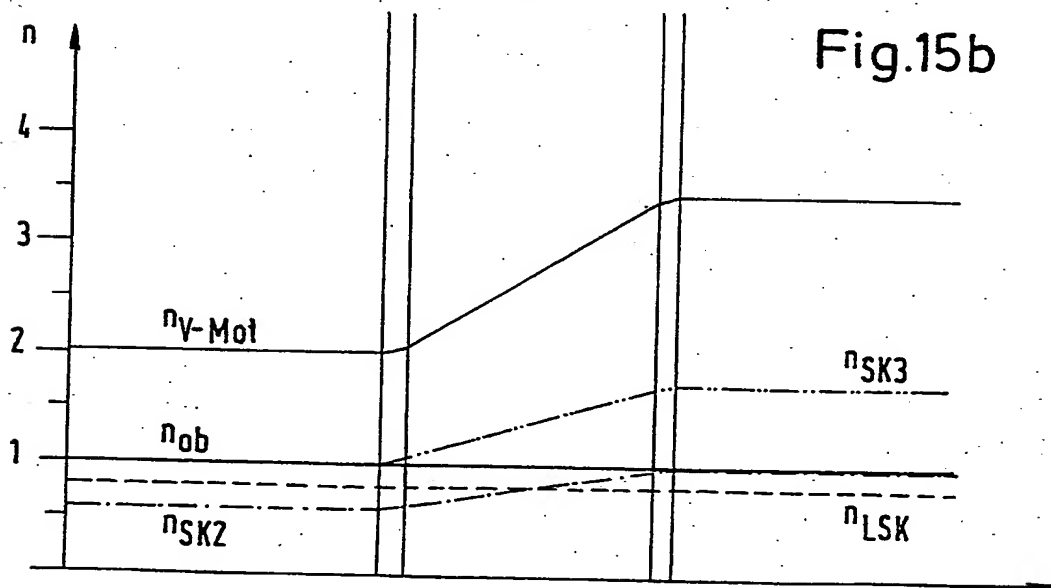
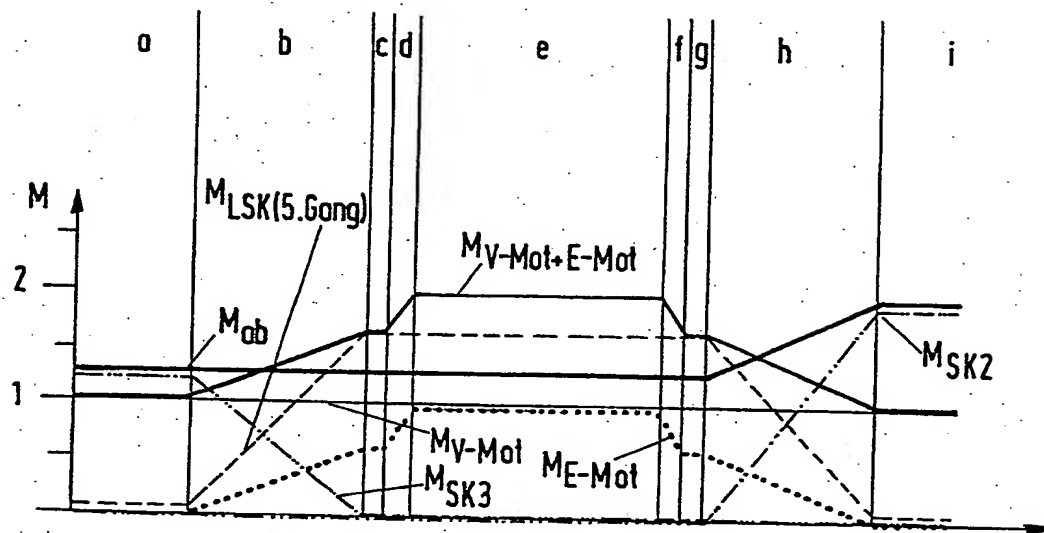


Fig.16a

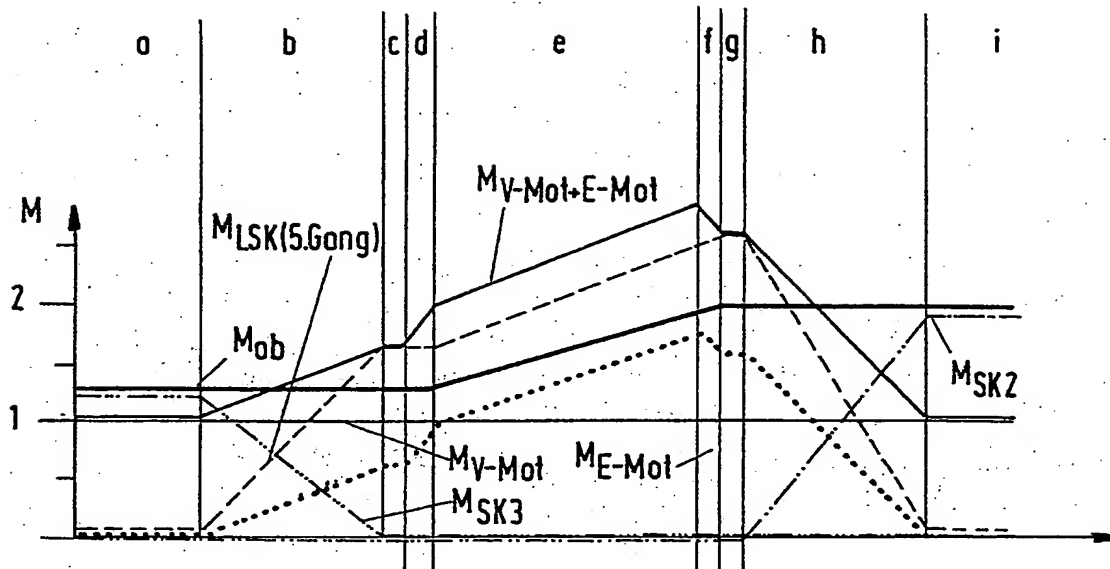


Fig.16b

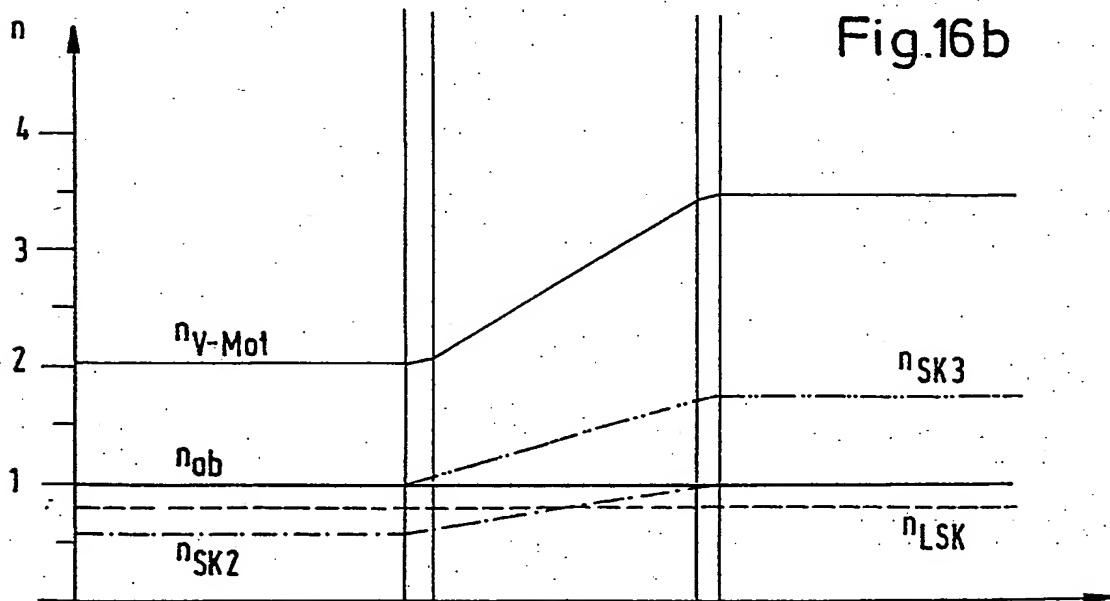


Fig.17a

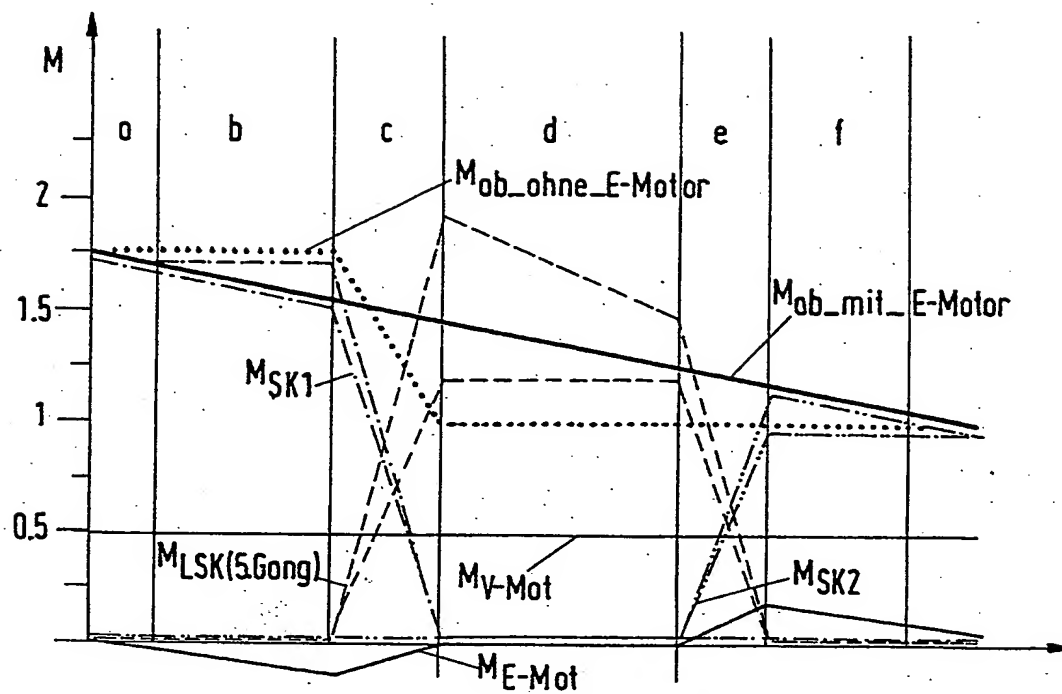


Fig.17b

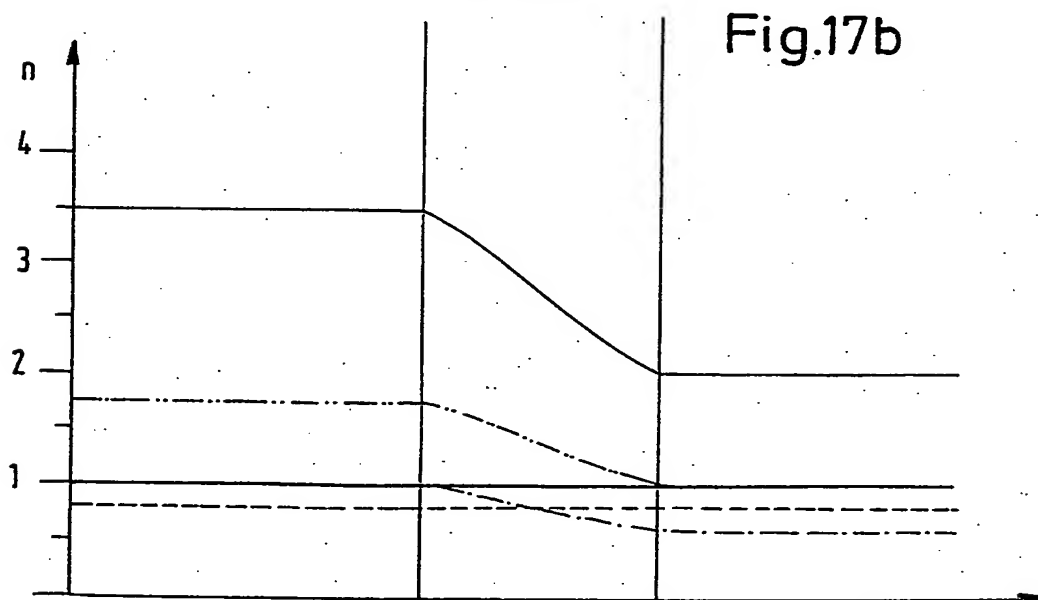


Fig.18

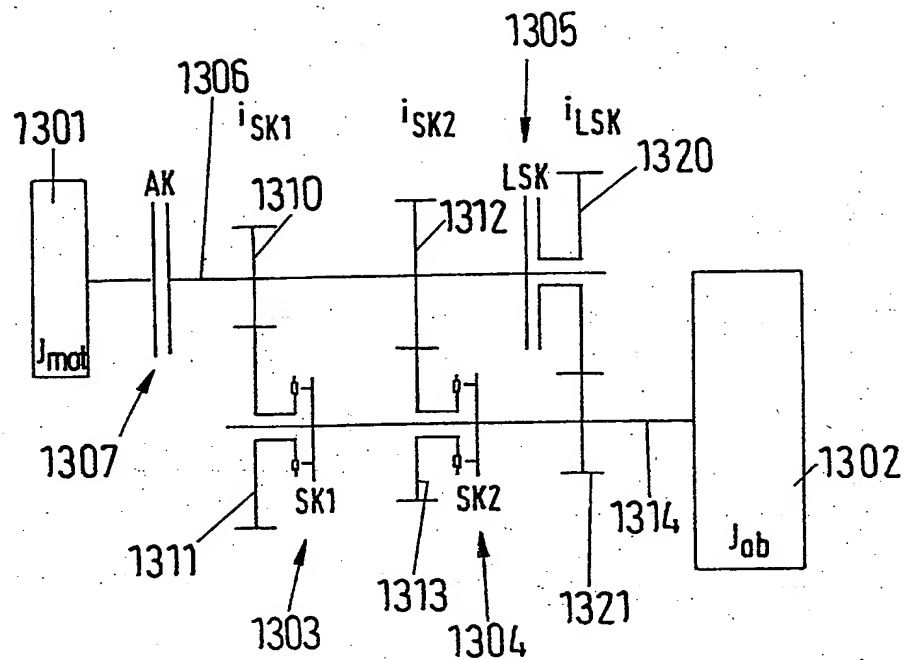


Fig.19

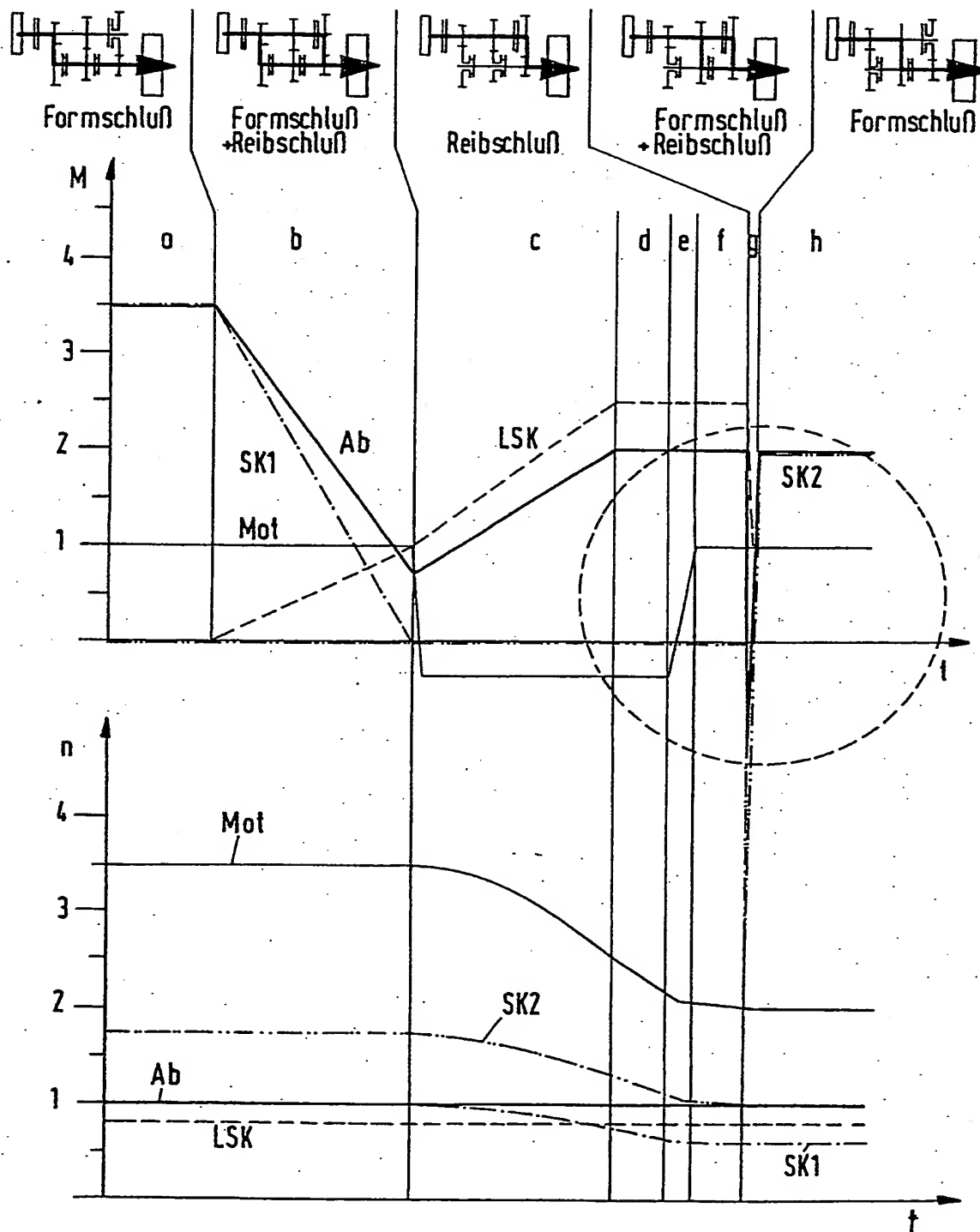




Fig.20

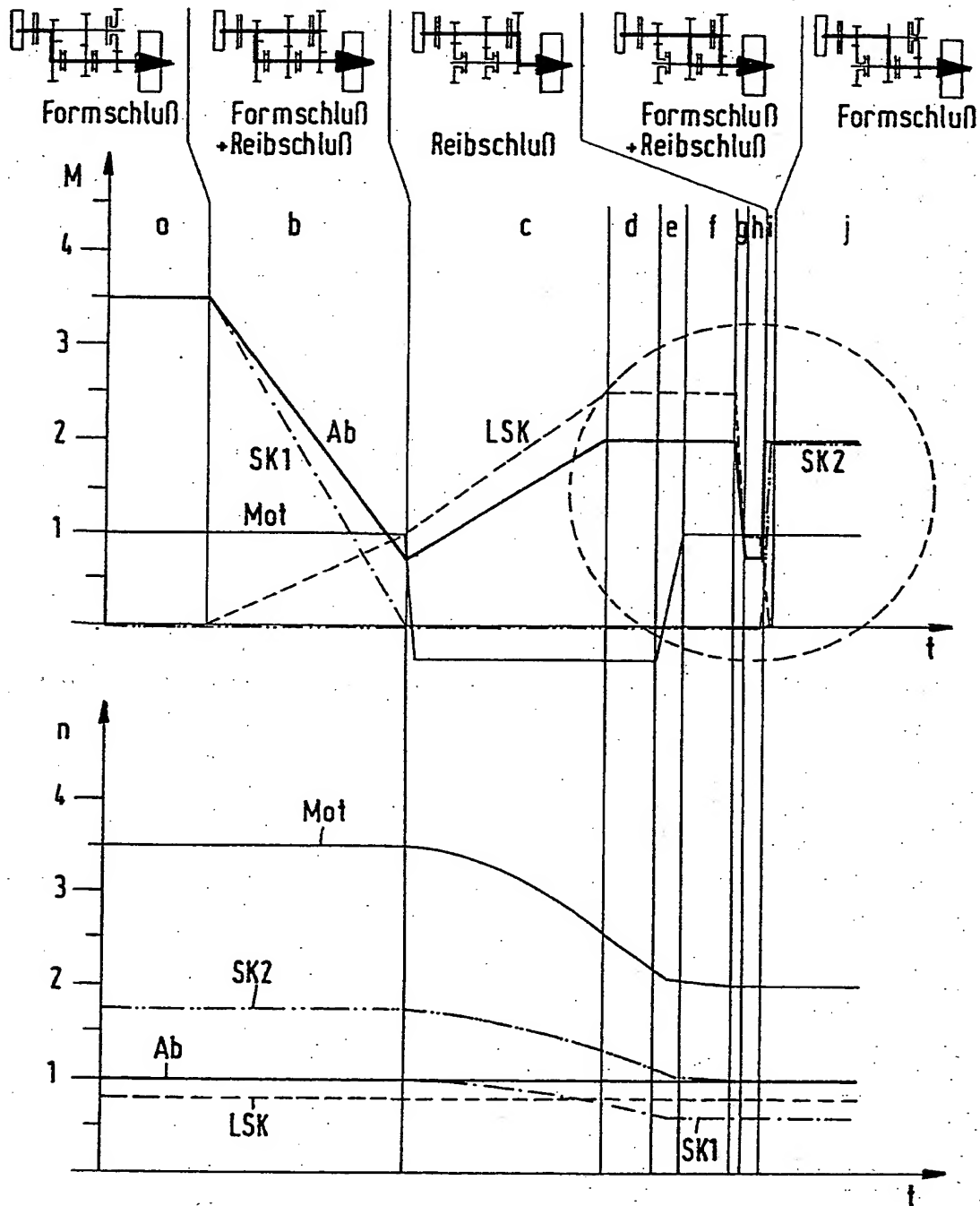


Fig.21

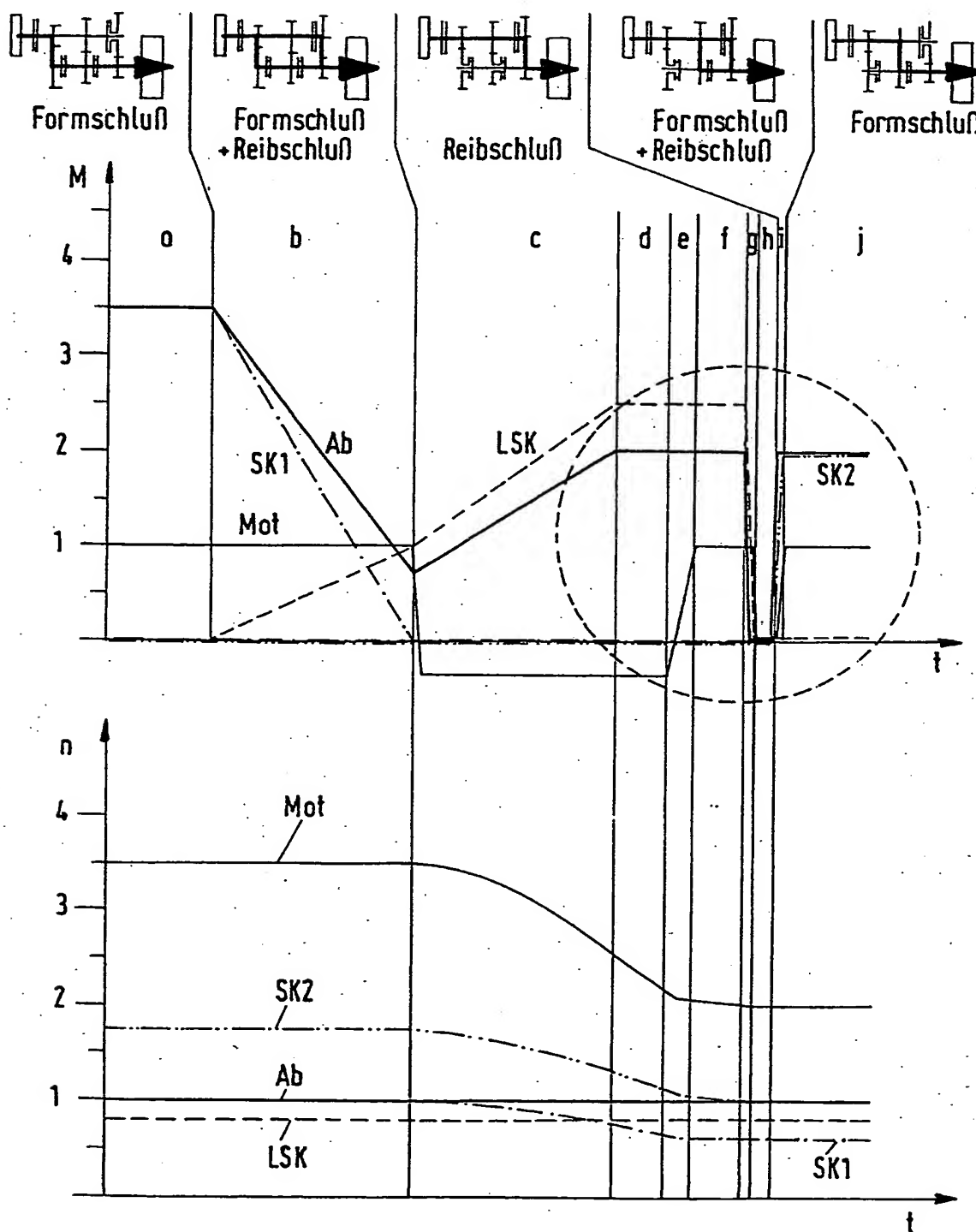


Fig.22

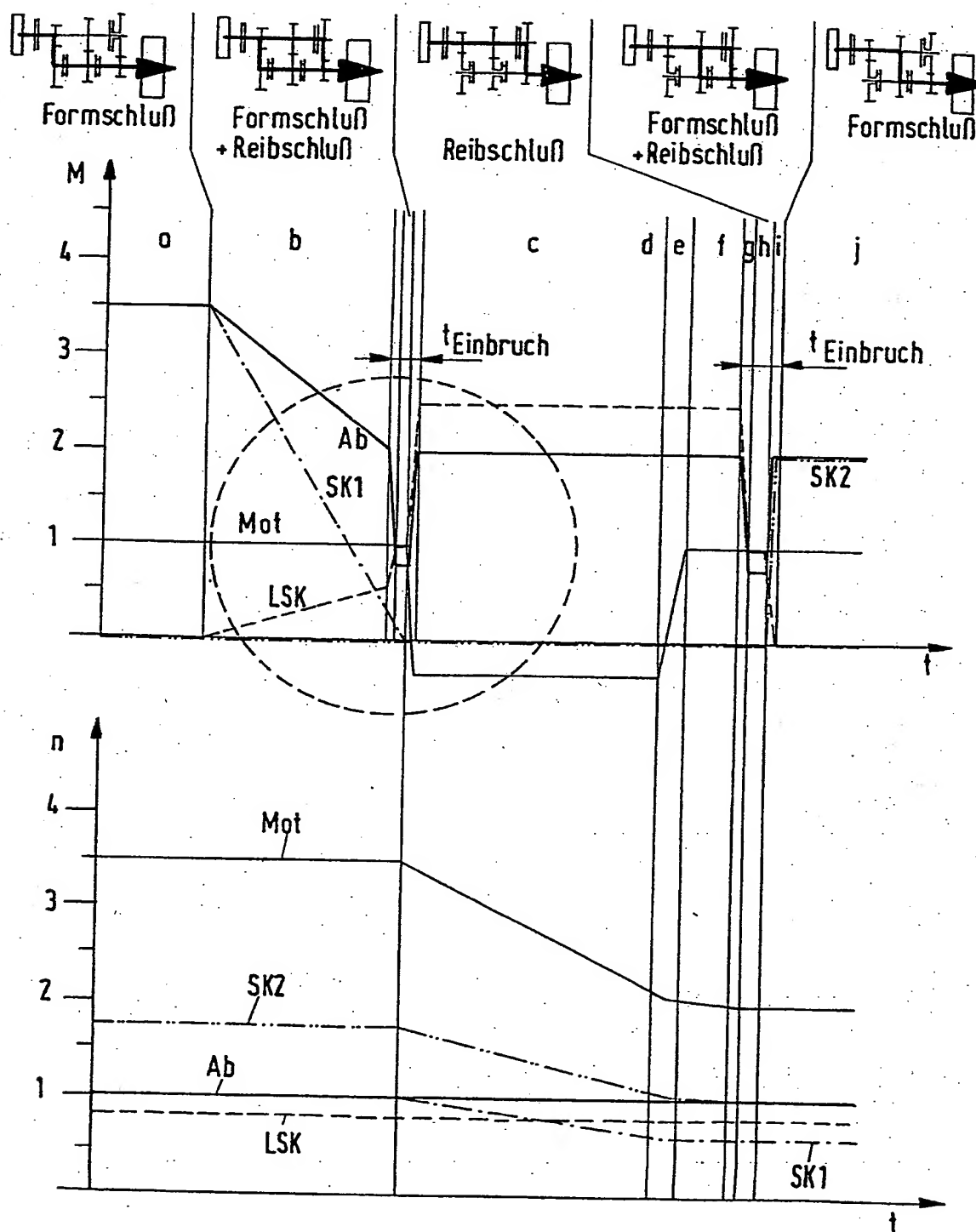


Fig. 23

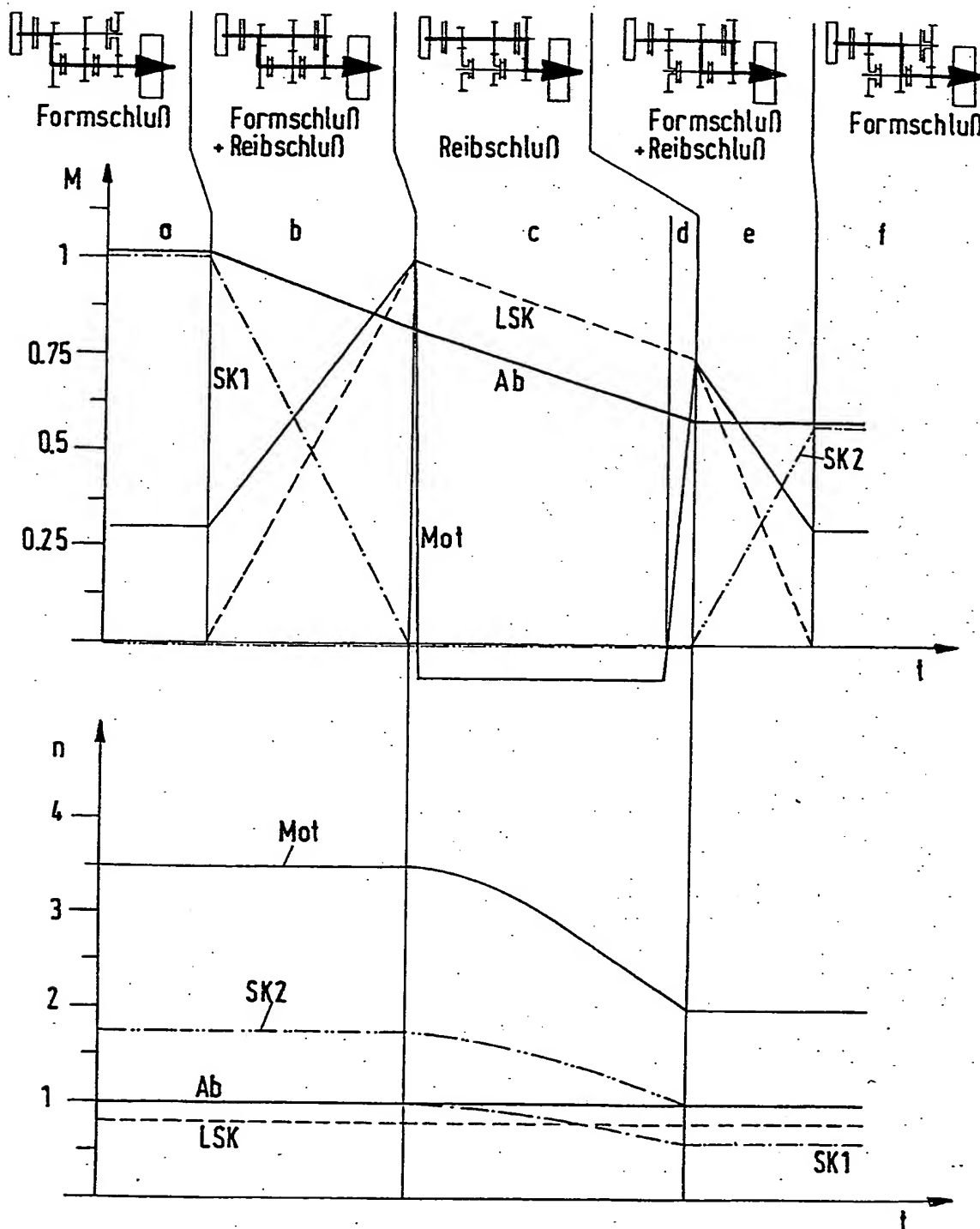


Fig.24

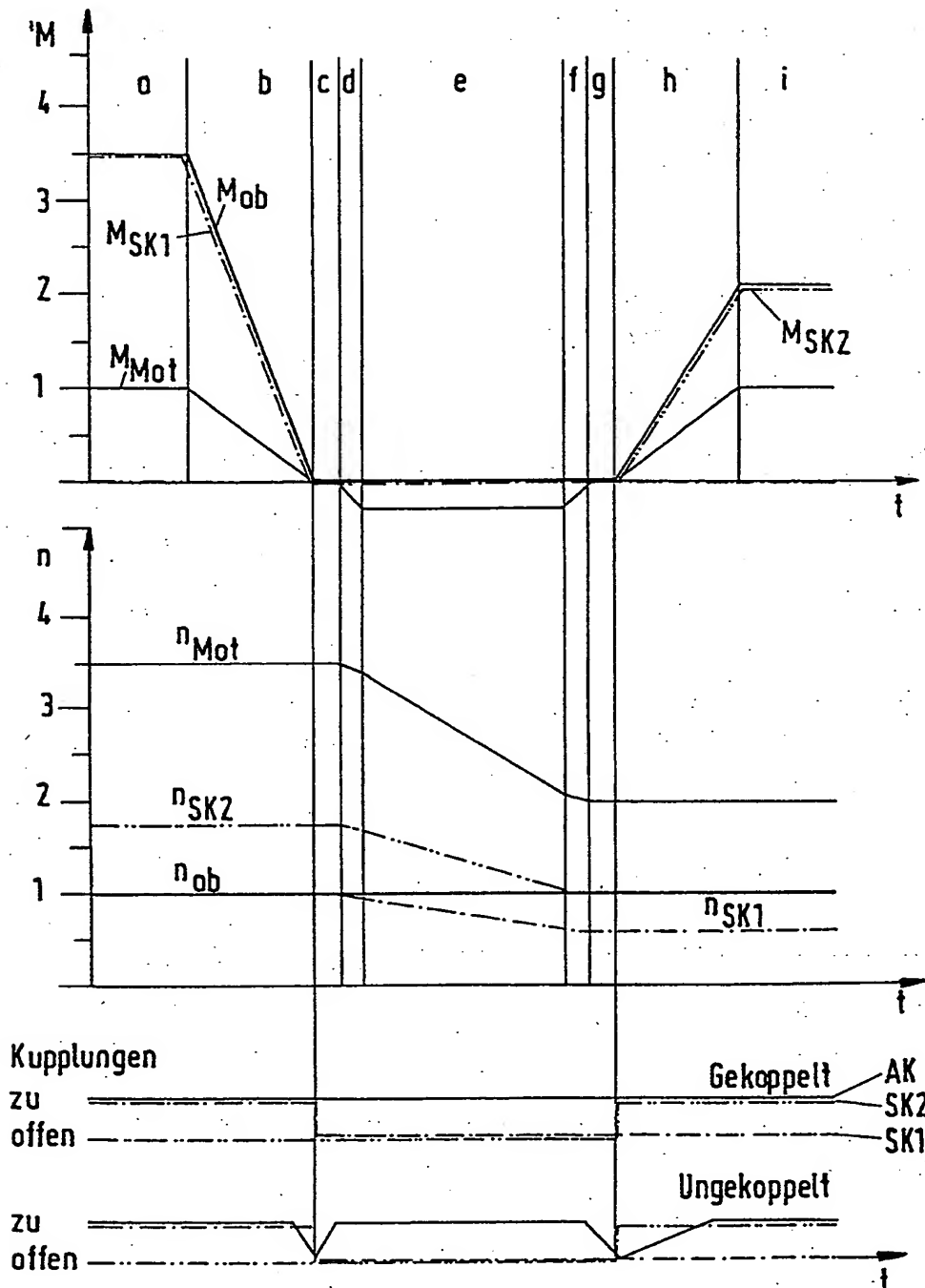


Fig.25

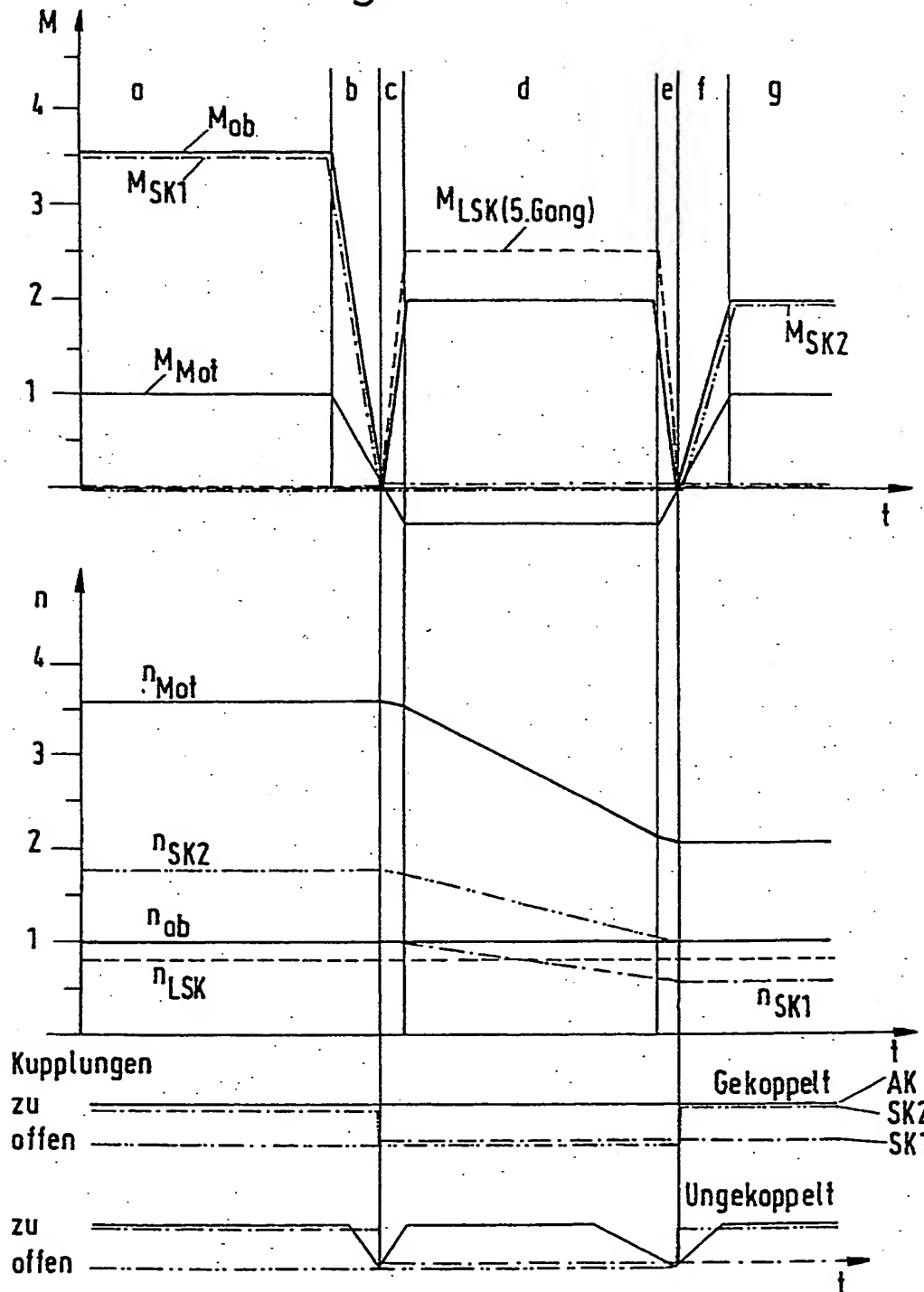


Fig. 26

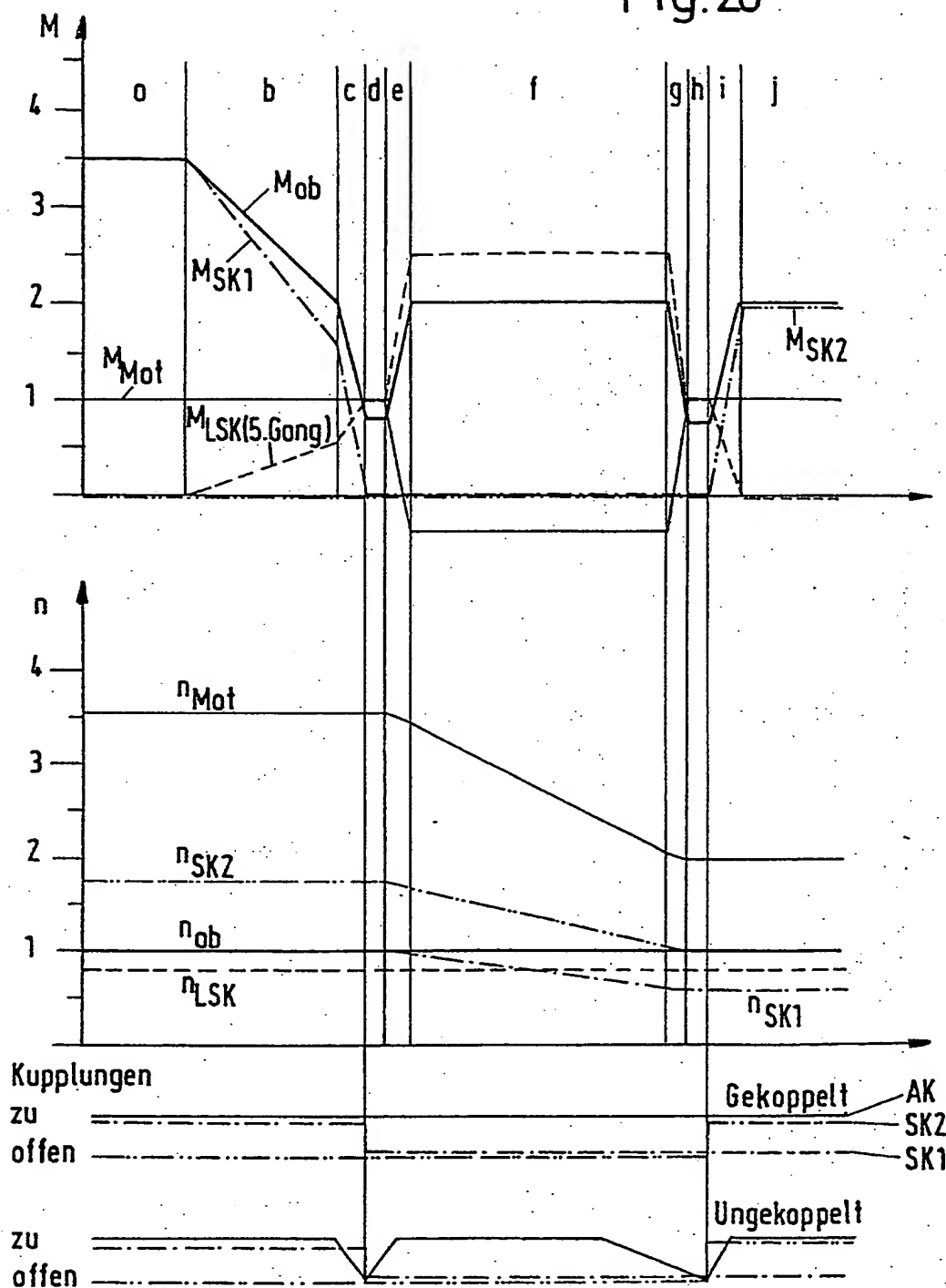




Fig. 27

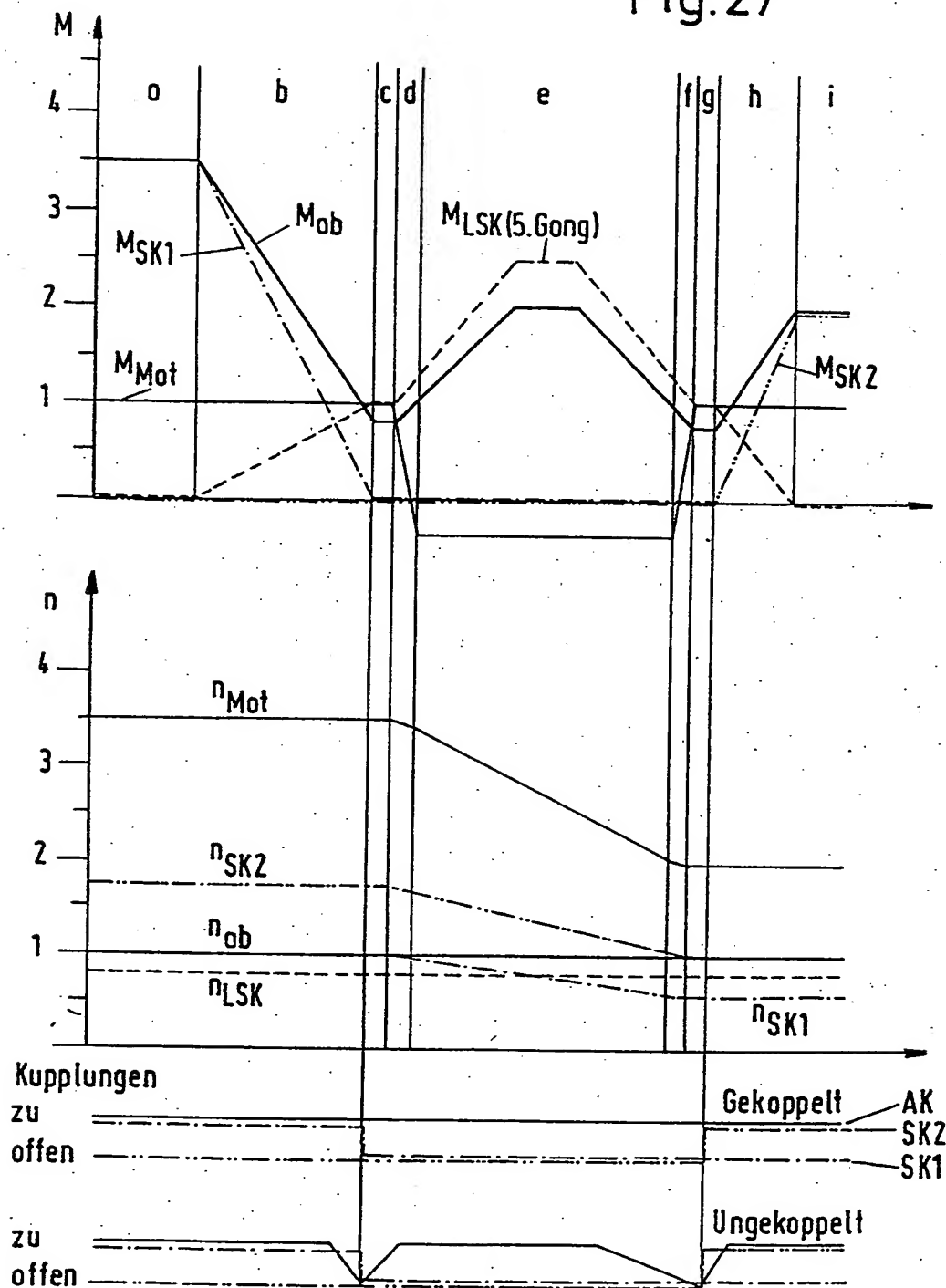


Fig. 28

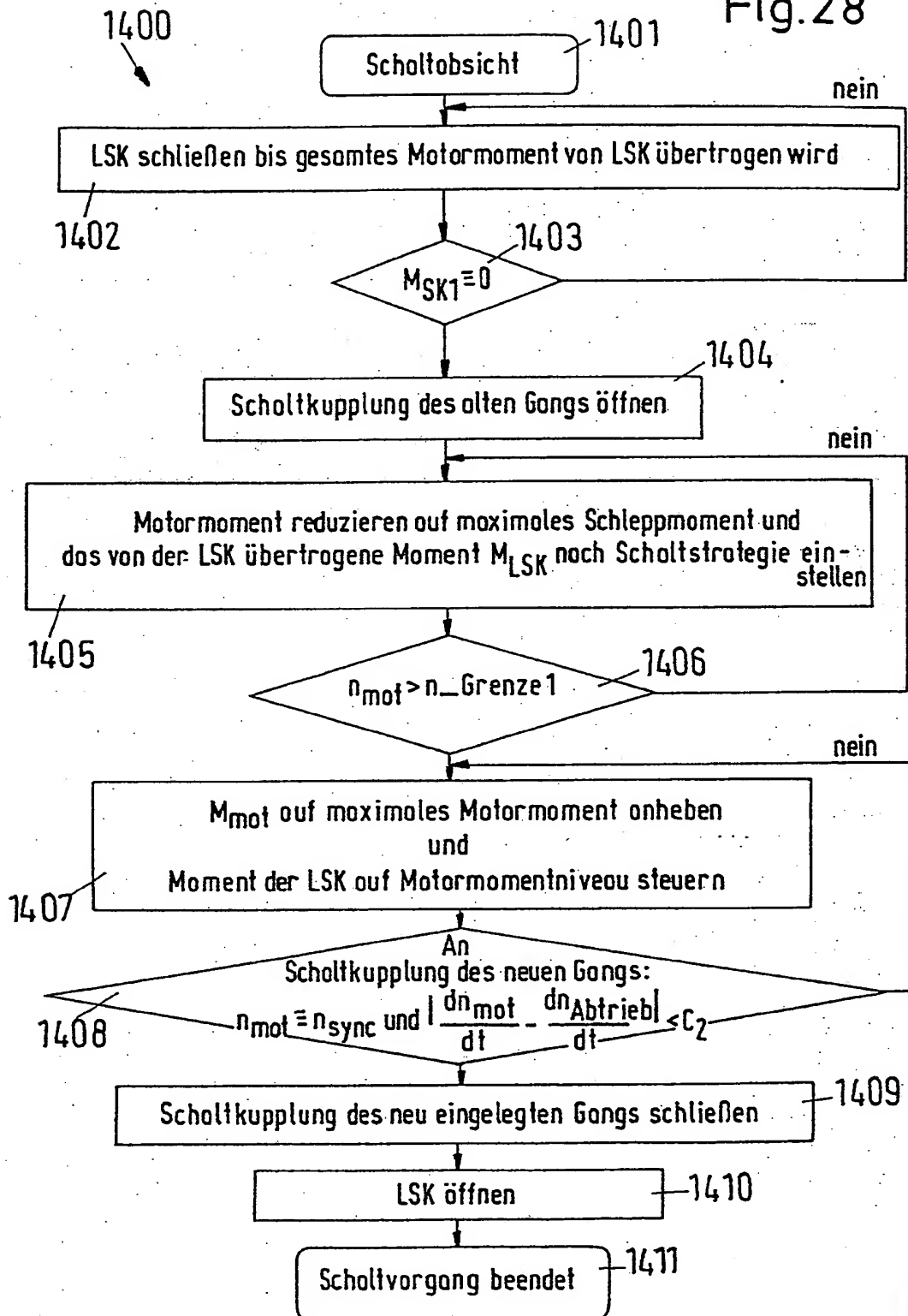


Fig.29

## Teillast Zug-Hochschaltung

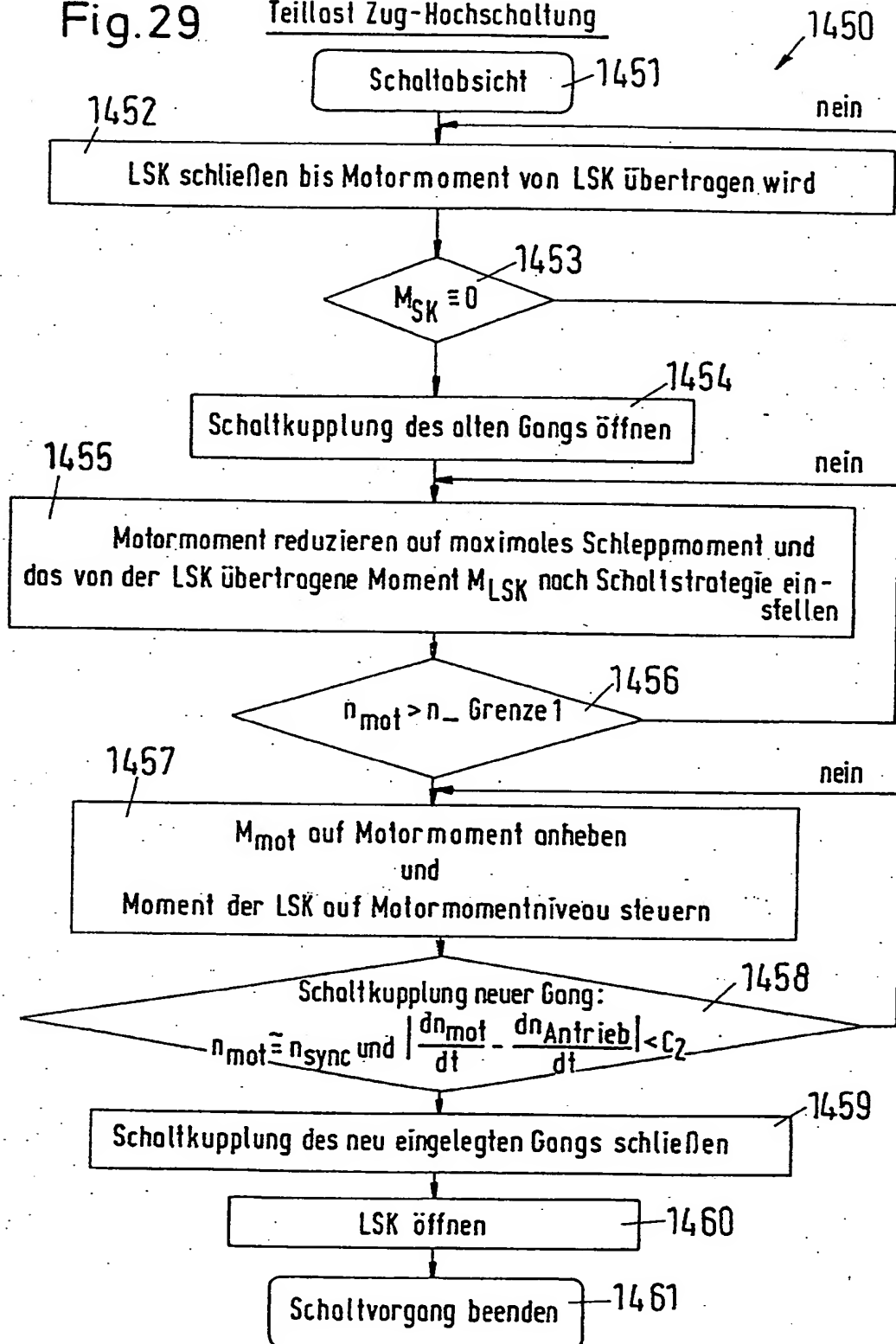


Fig.30

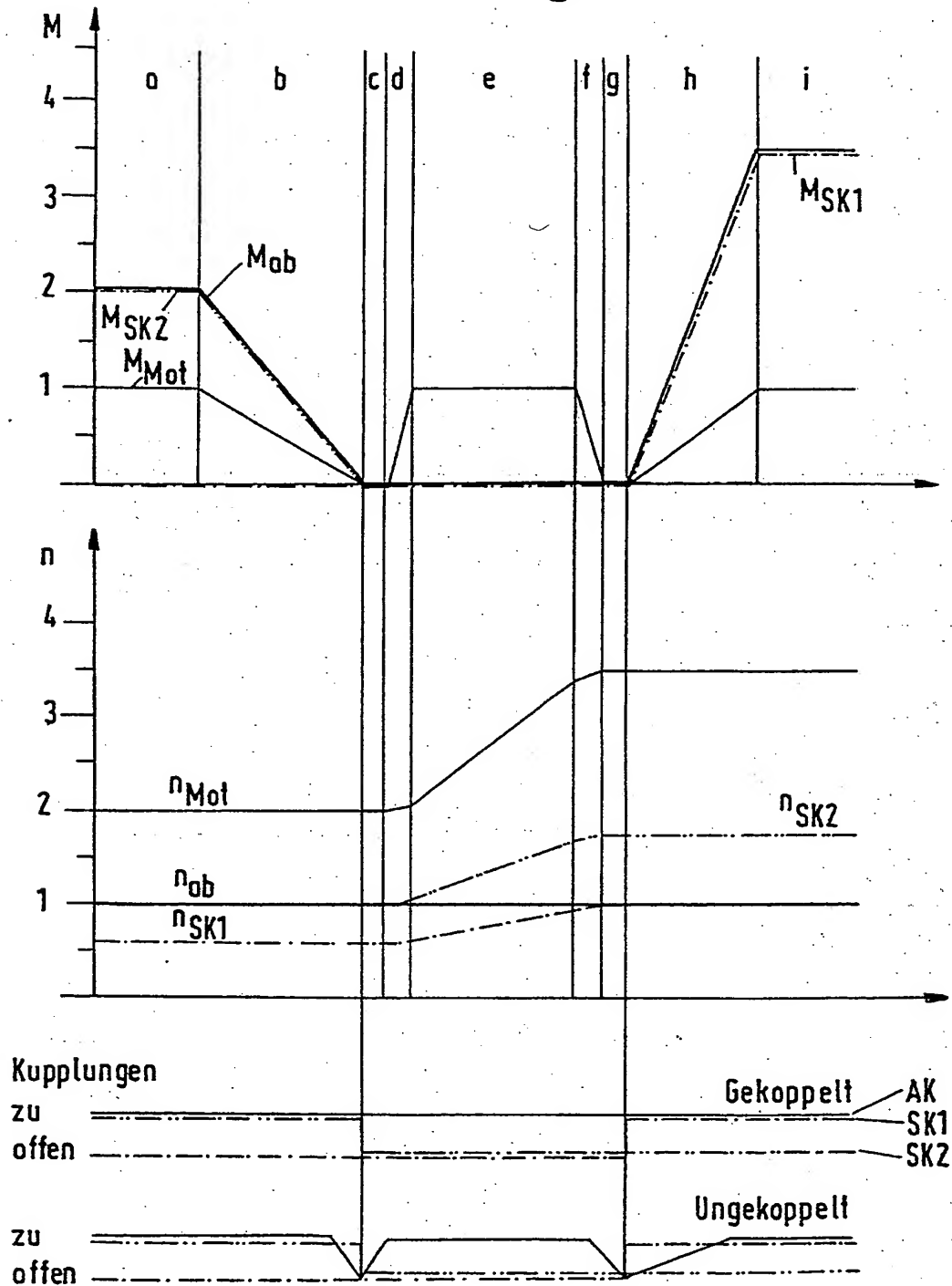


Fig. 31

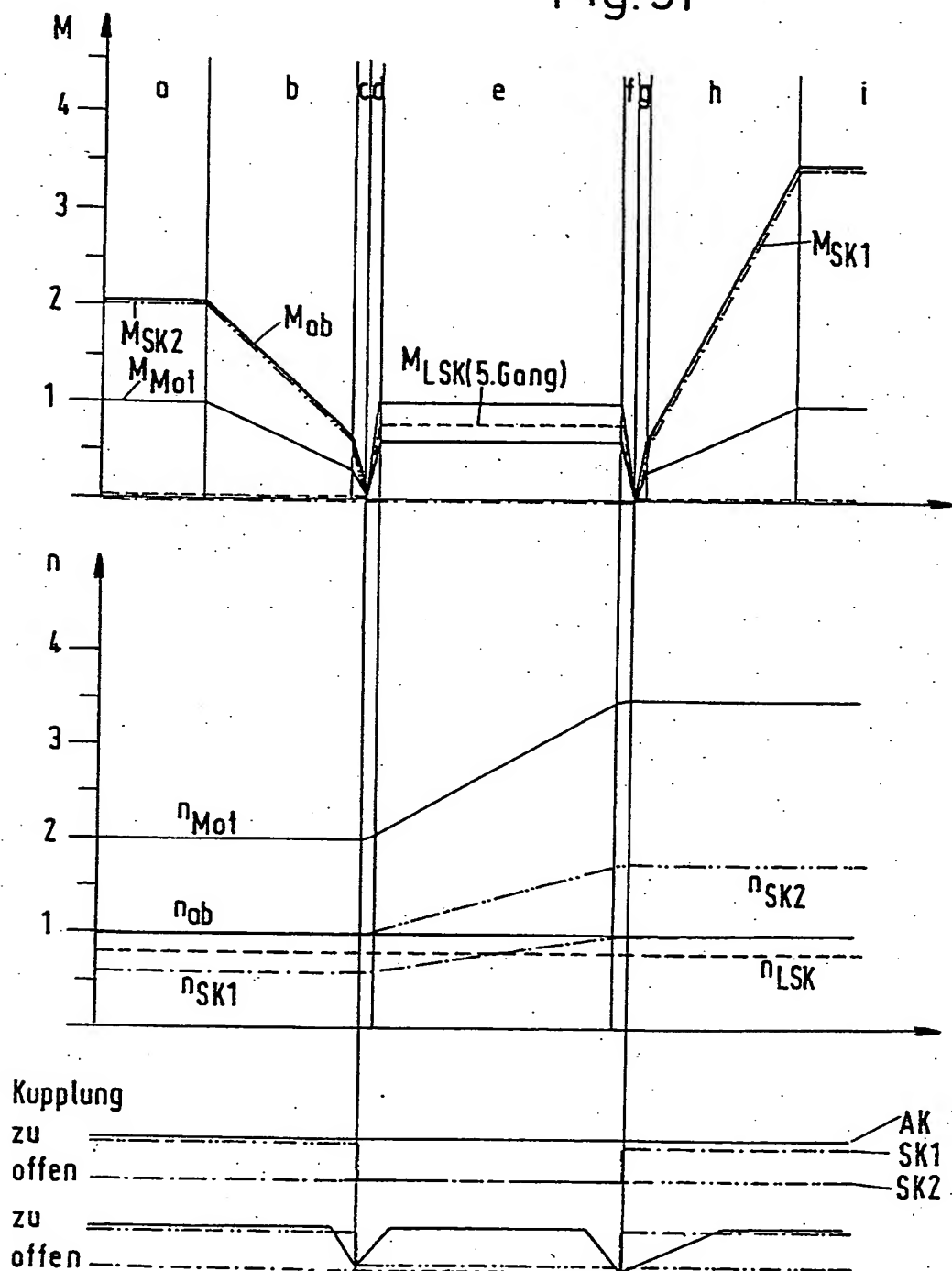


Fig. 32

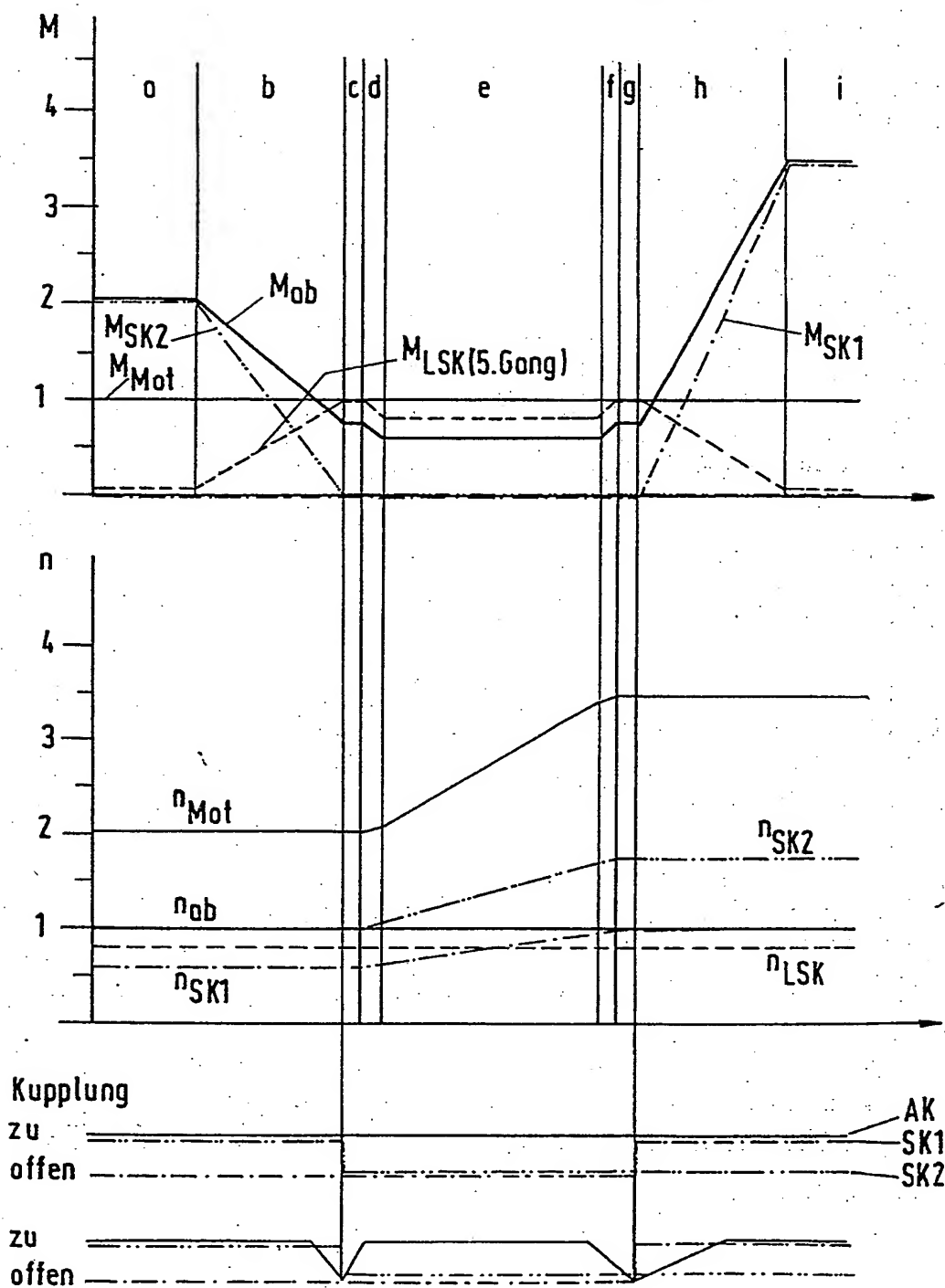


Fig. 33

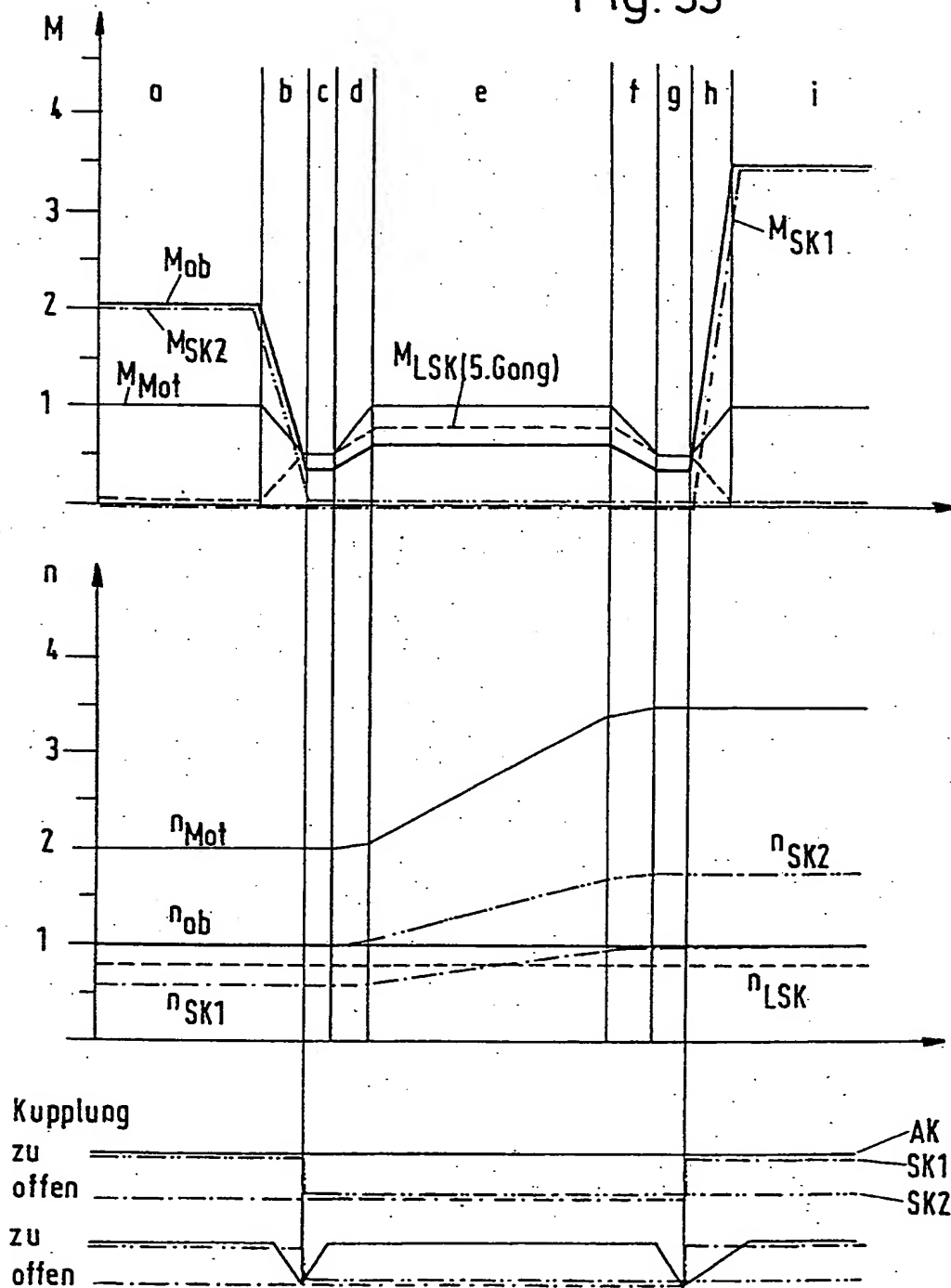
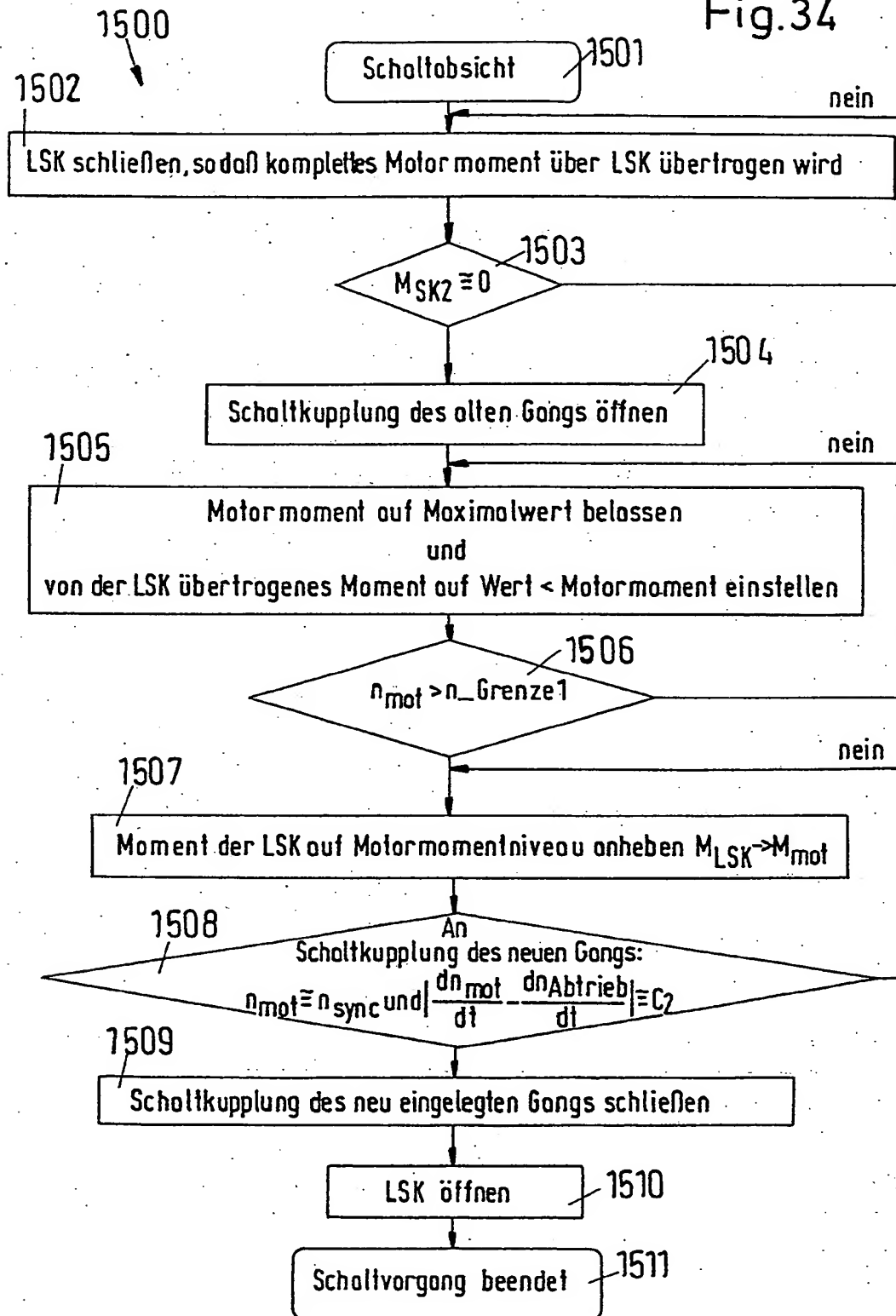


Fig.34





## Teillast Zug - Rückschaltung

Fig. 35

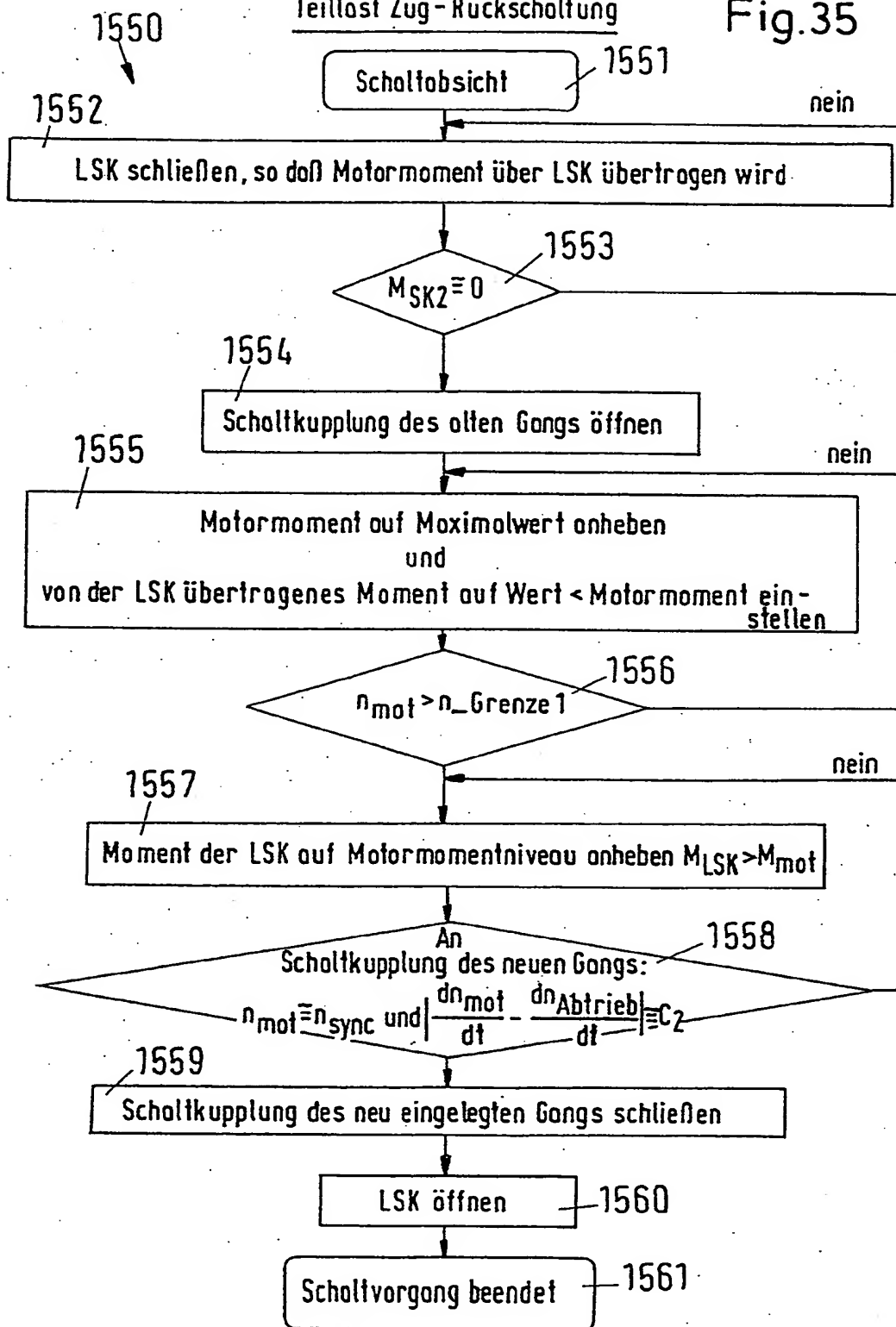


Fig.36

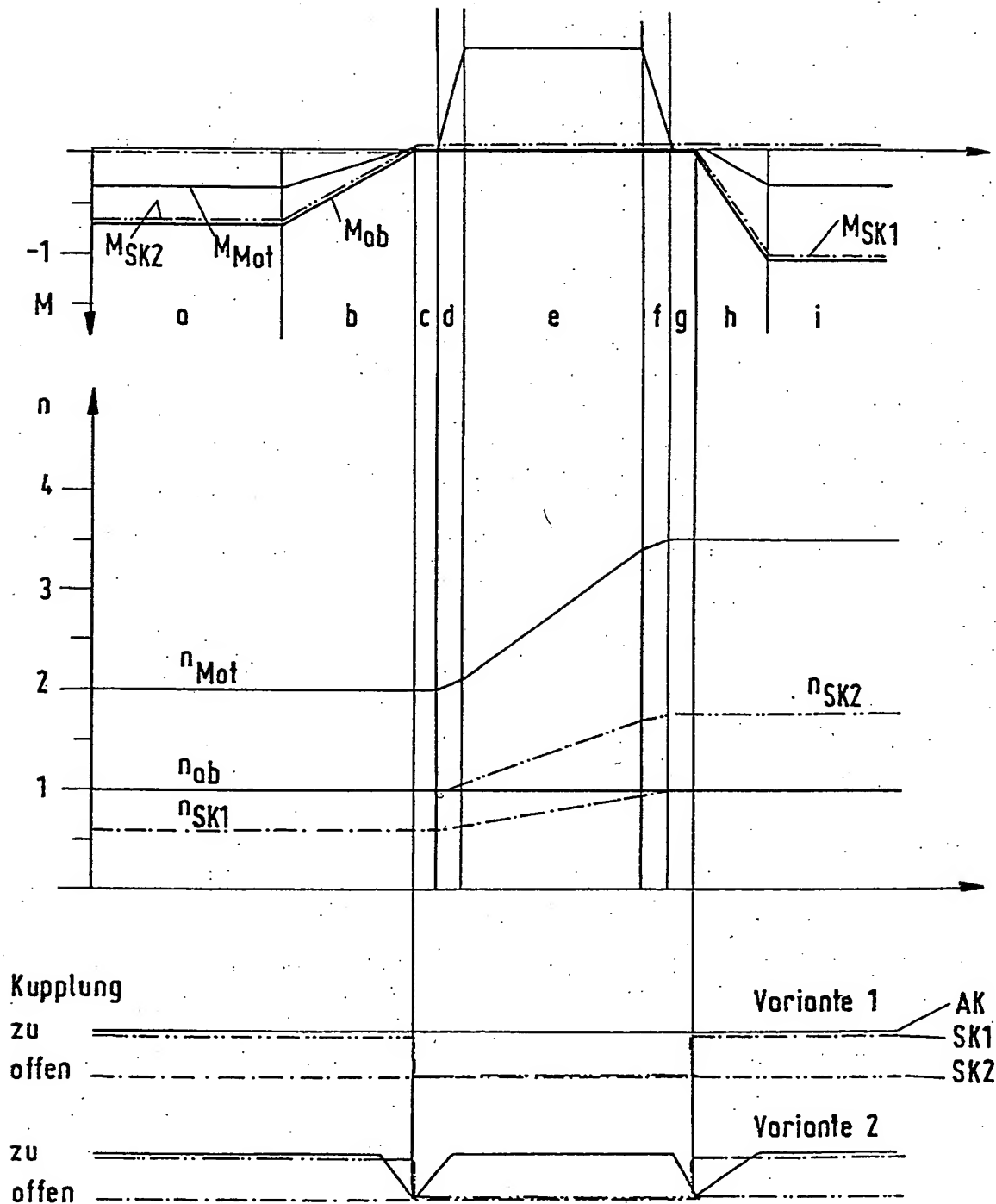


Fig. 37

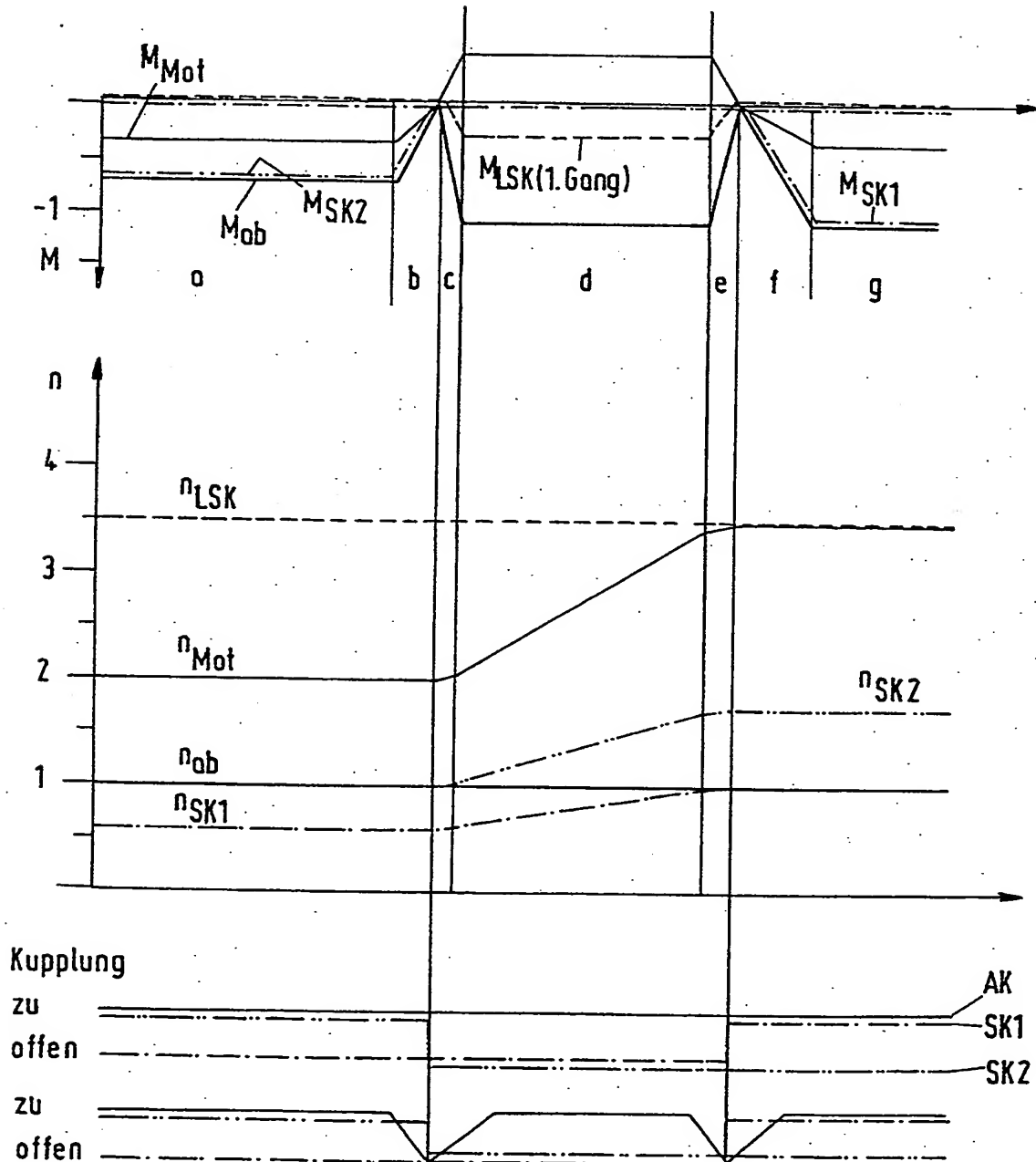


Fig.38

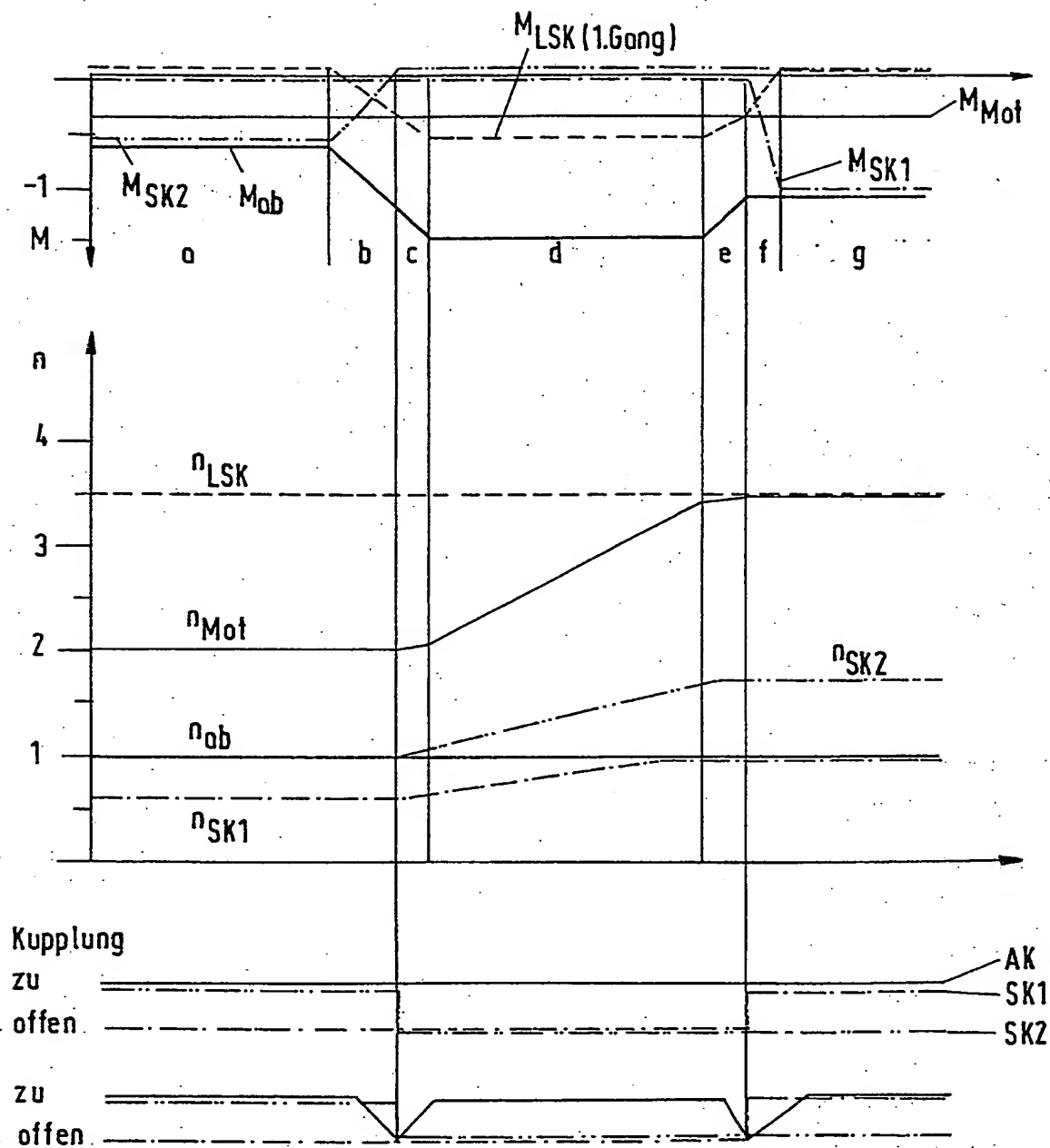


Fig. 39

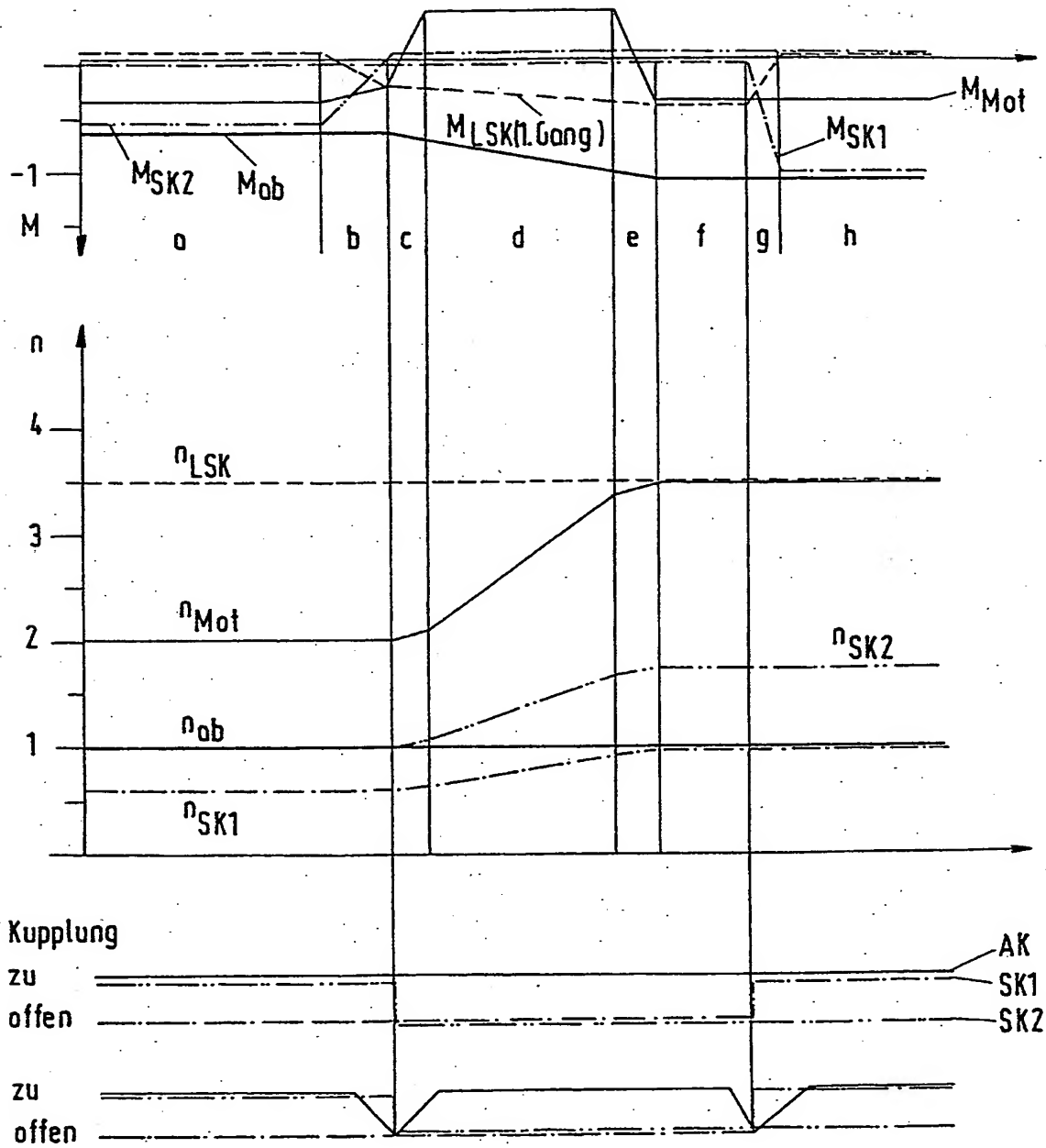


Fig.40

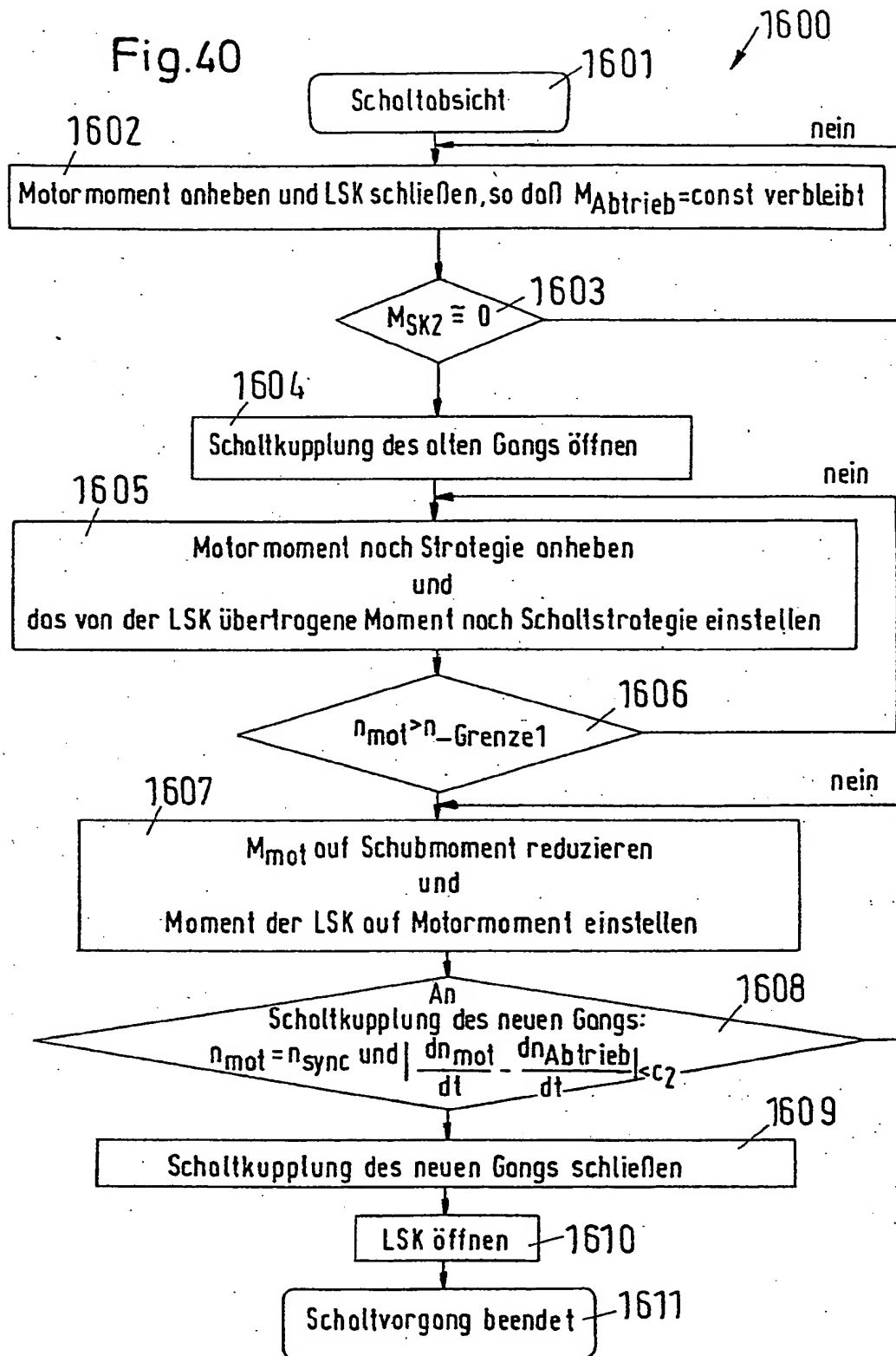


Fig.41

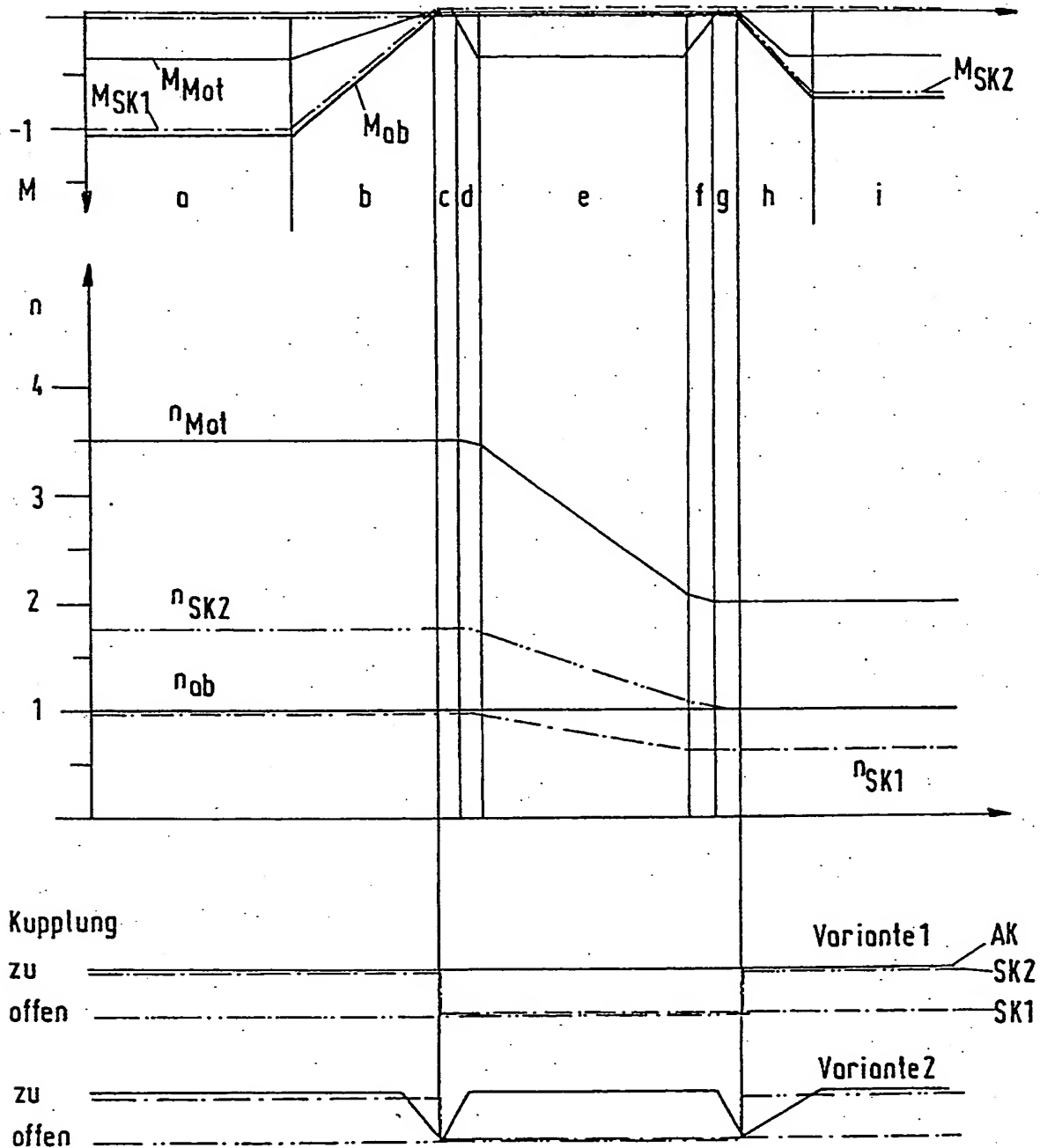


Fig.42

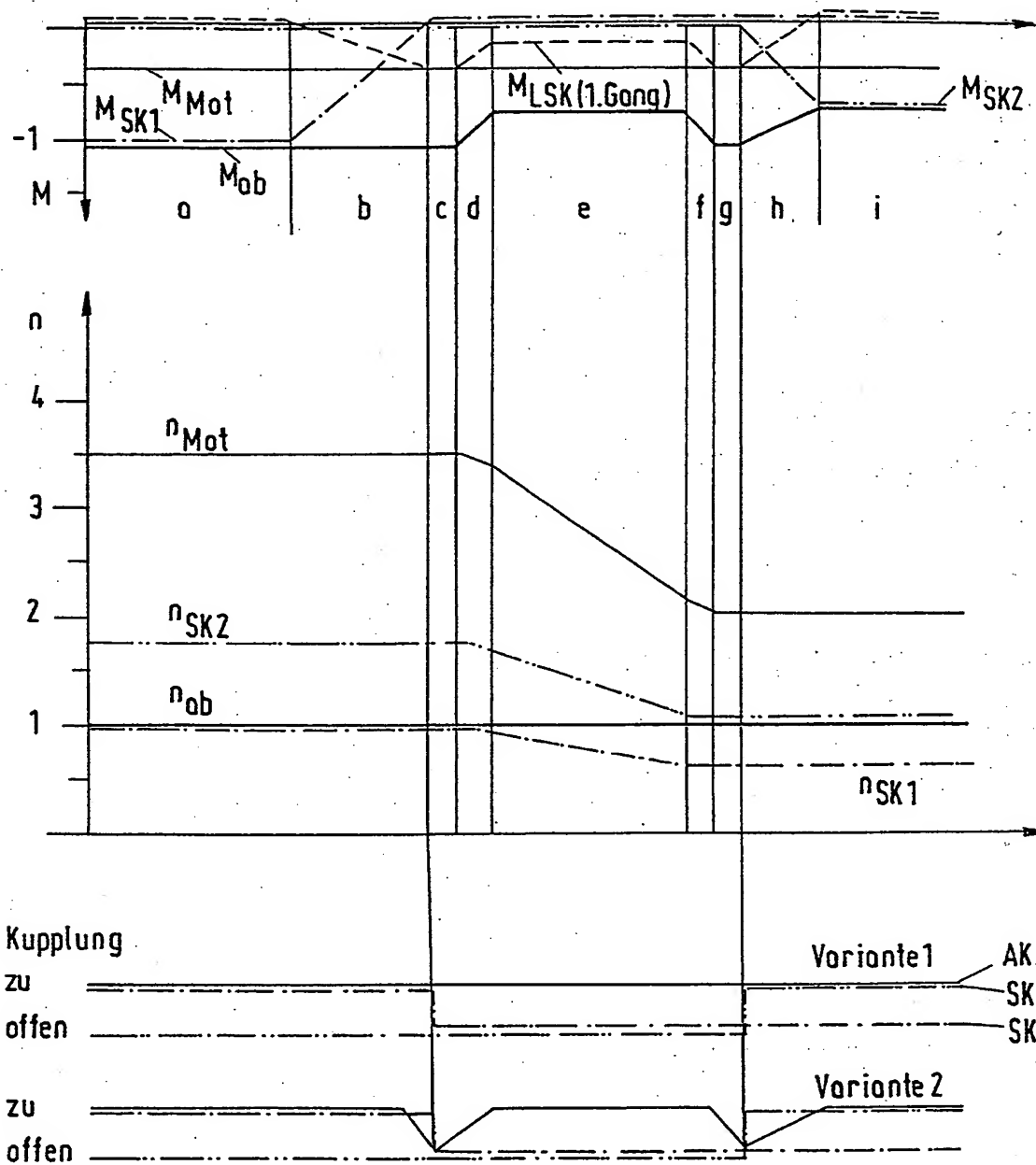




Fig.43

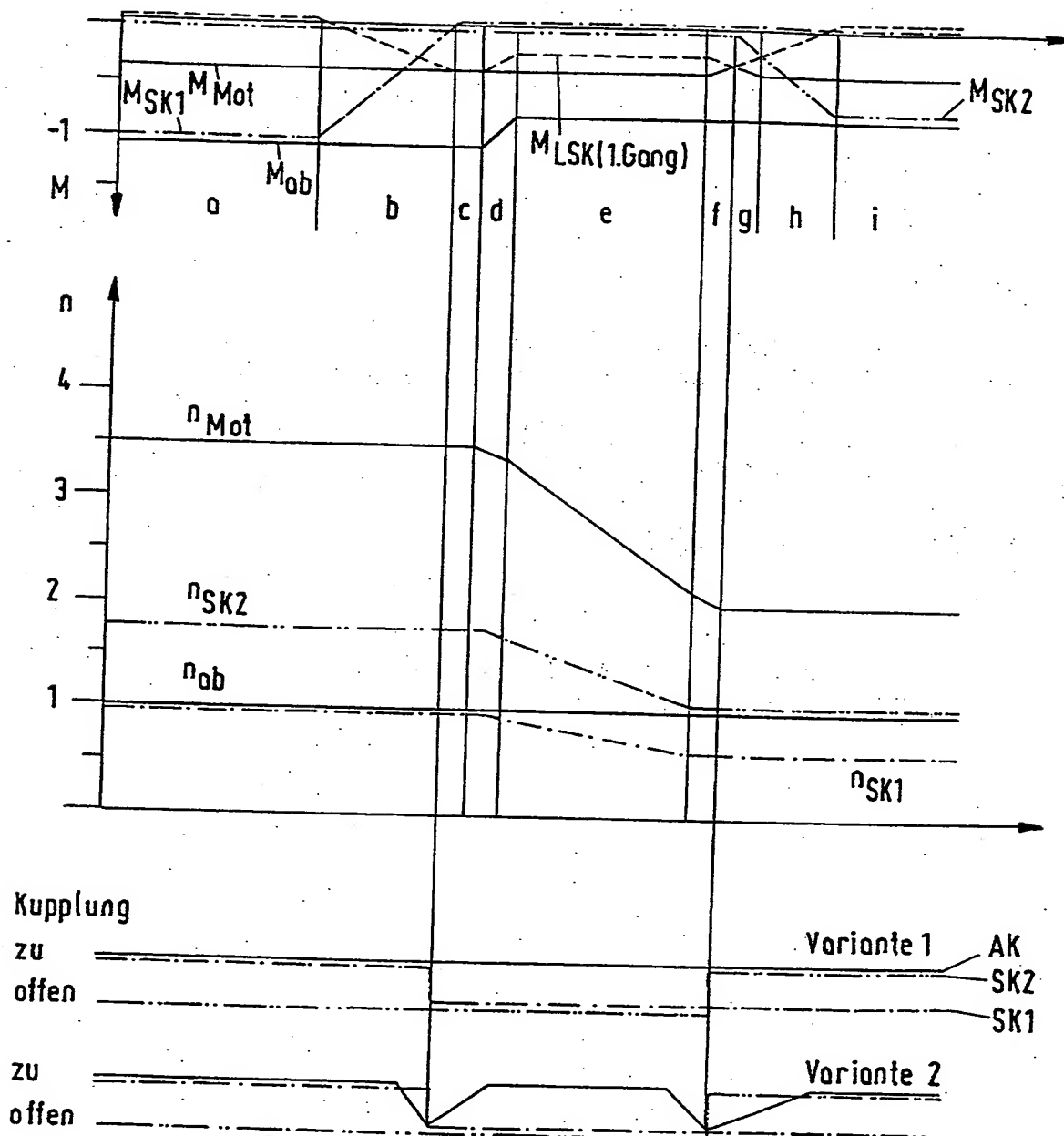


Fig. 44

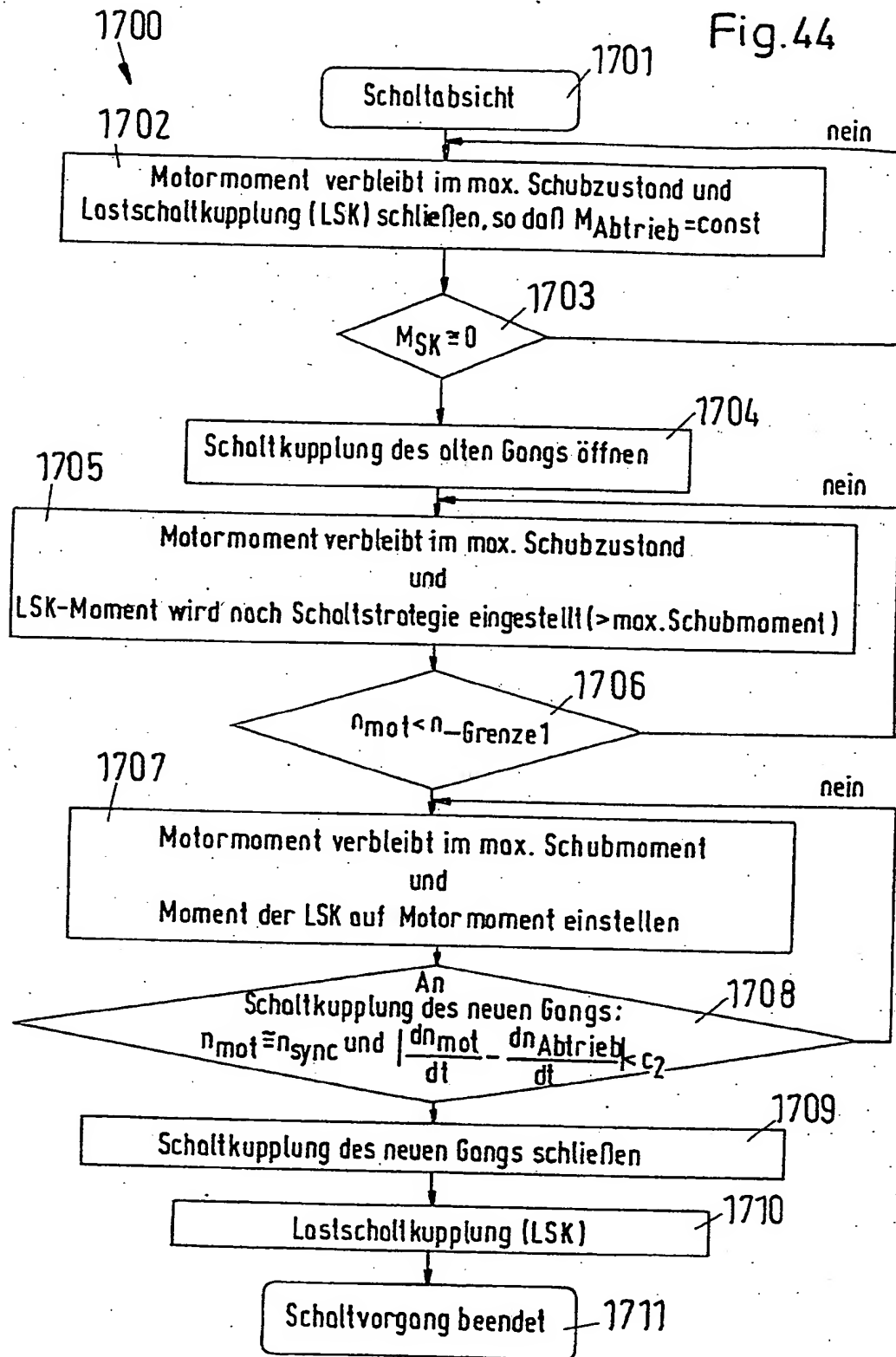


Fig.45

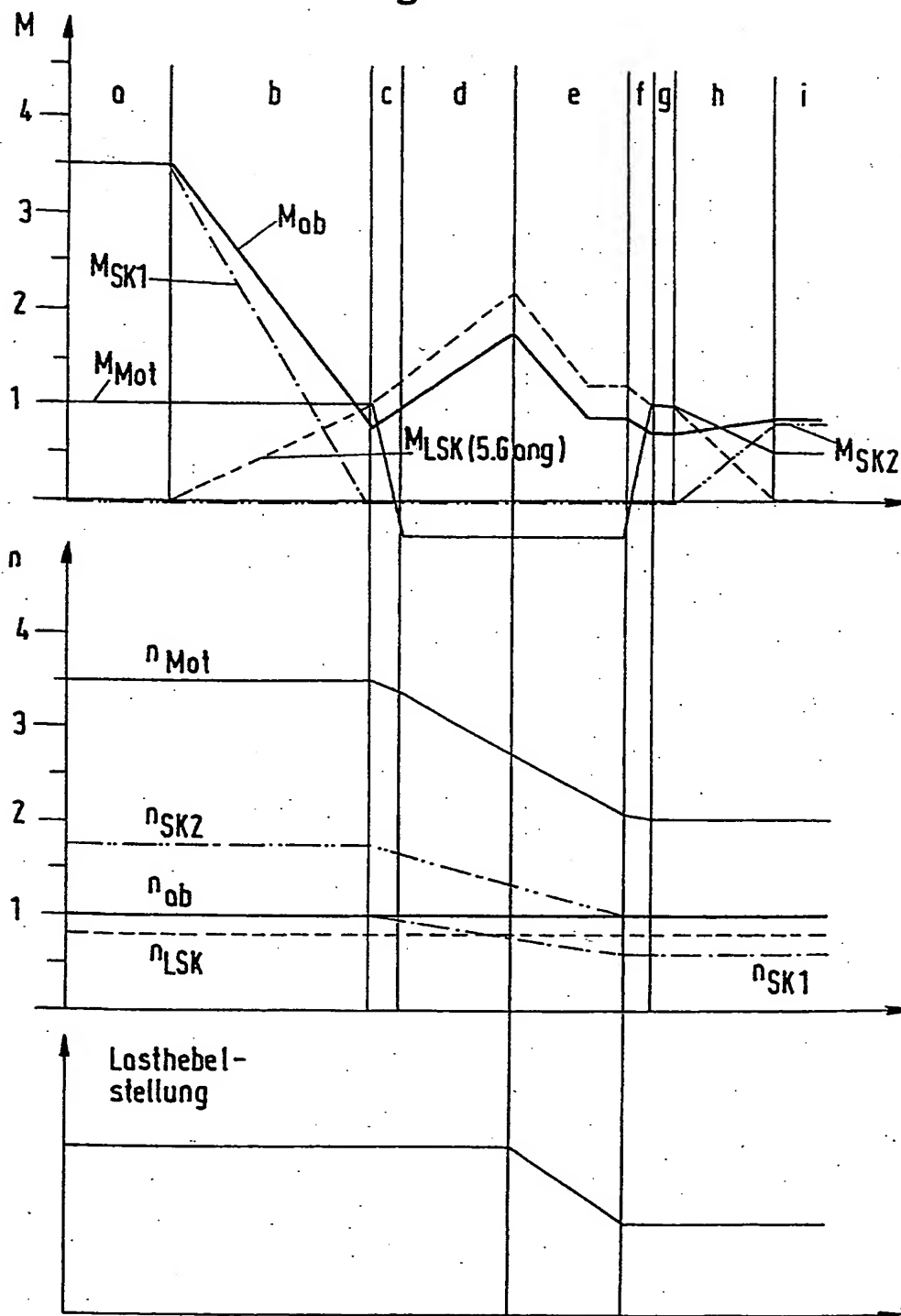


Fig.46

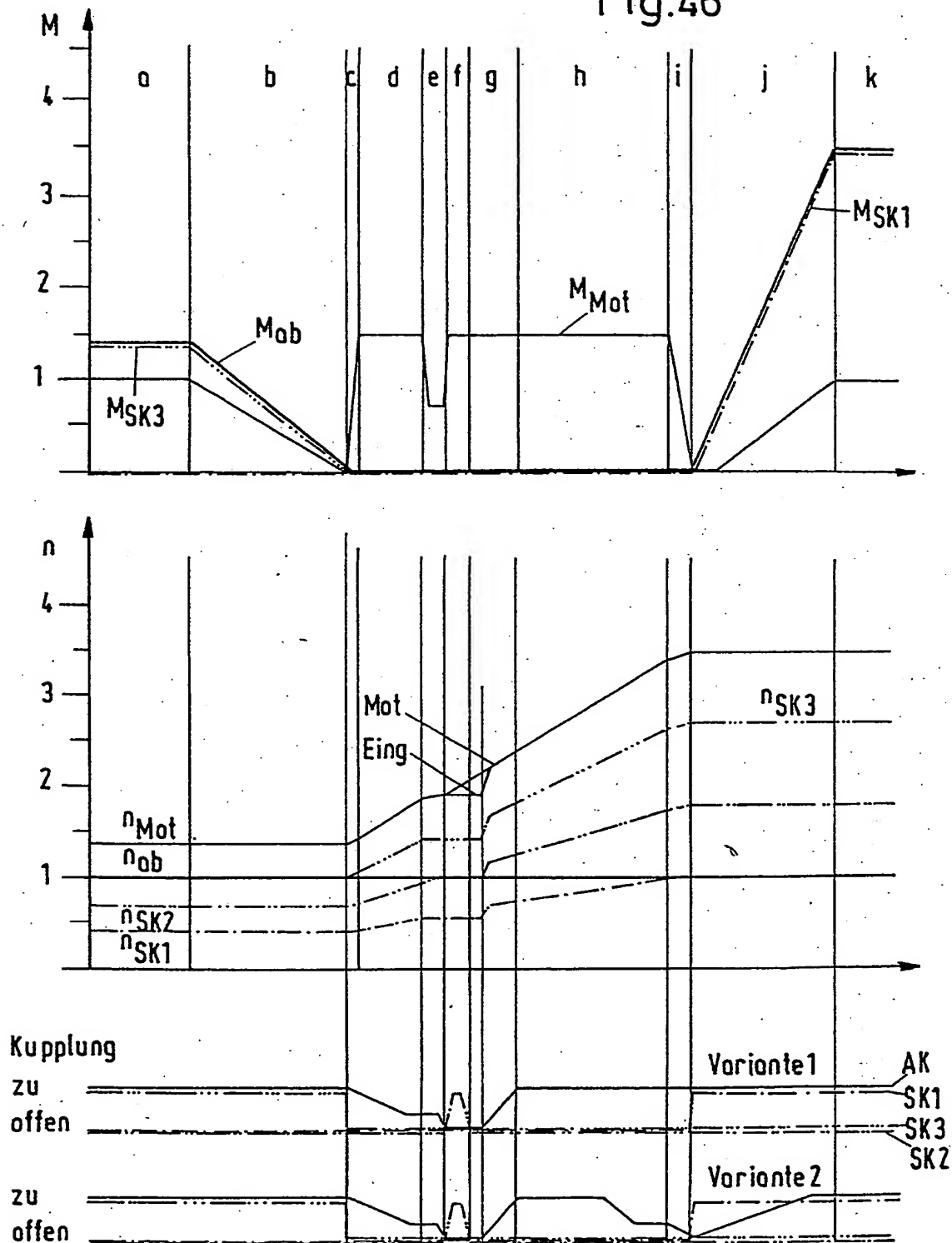


Fig.47

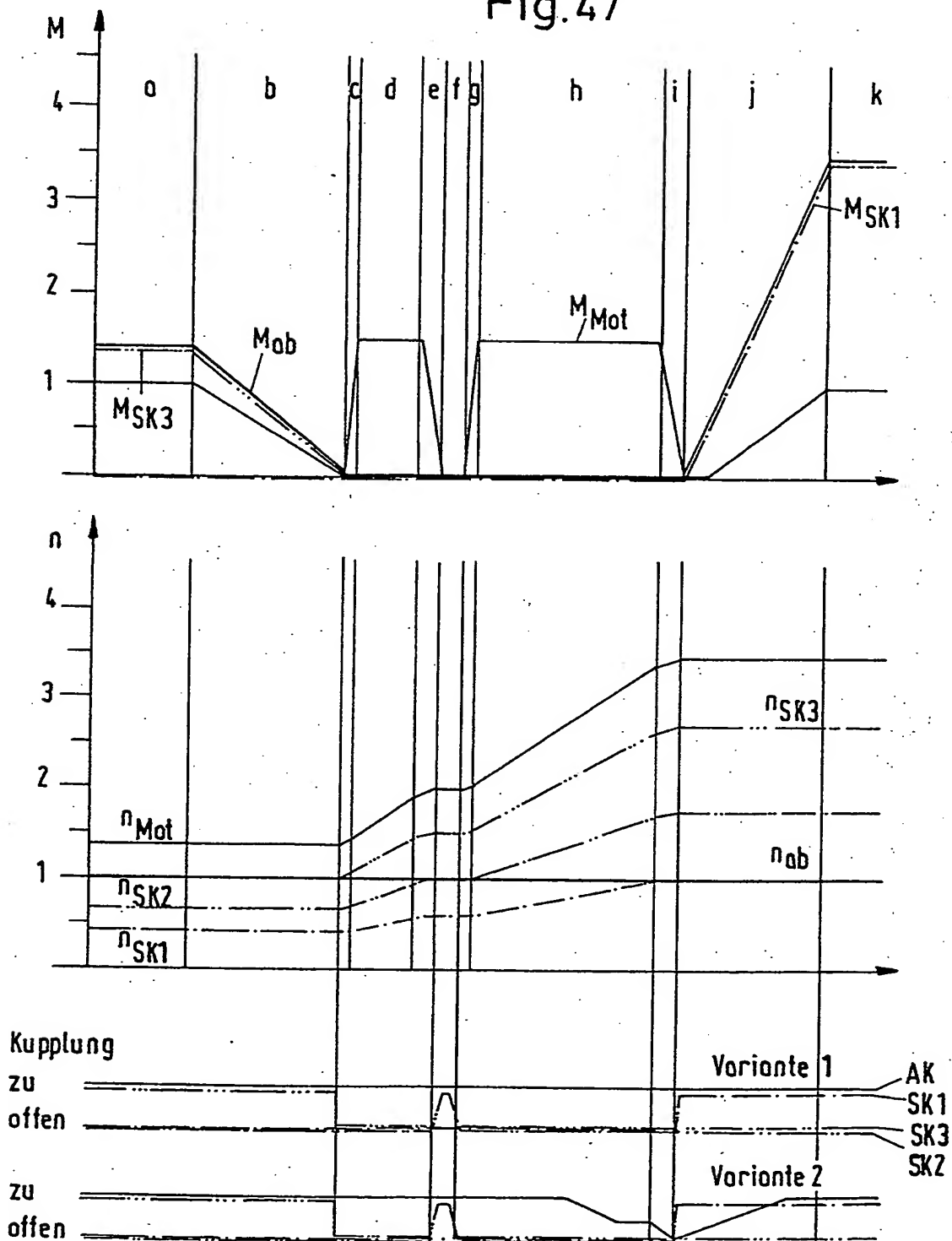


Fig.48

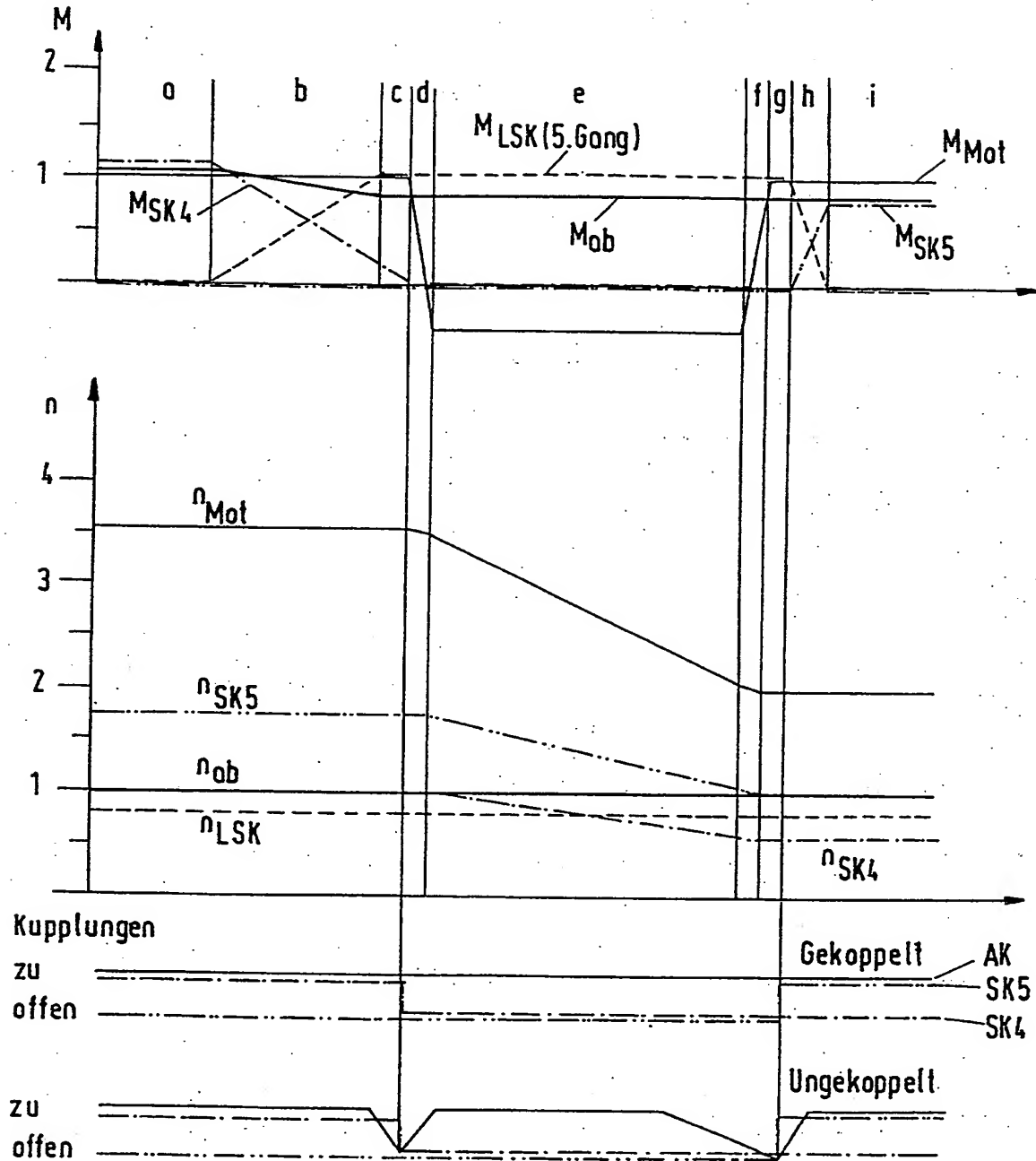


Fig.49

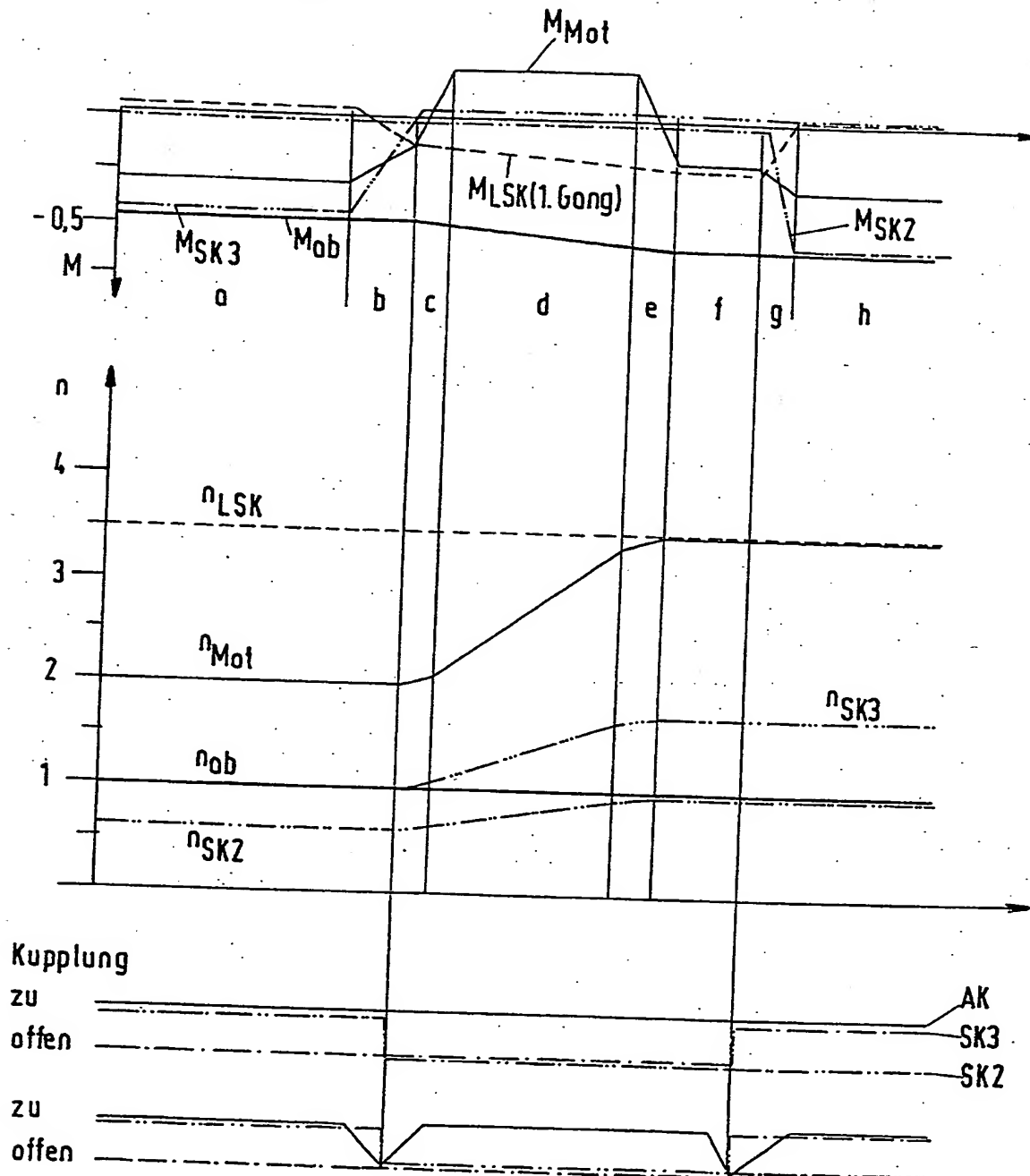


Fig.50a

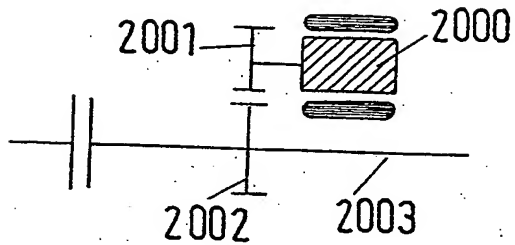


Fig.50b

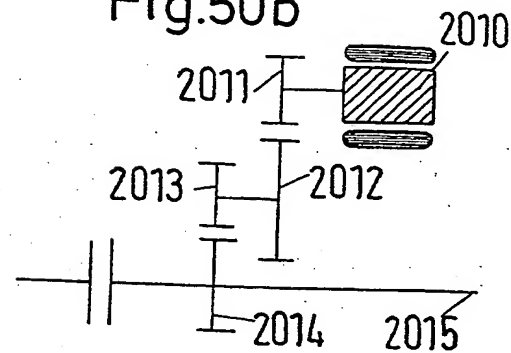


Fig.50c

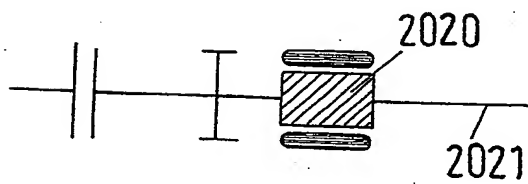


Fig.50d

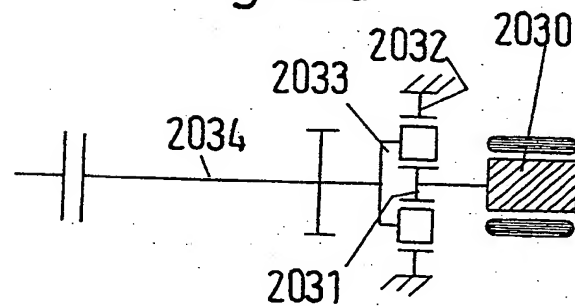


Fig.50e

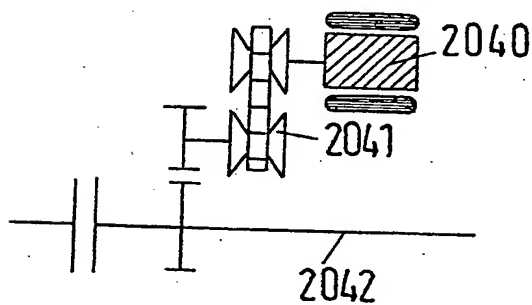
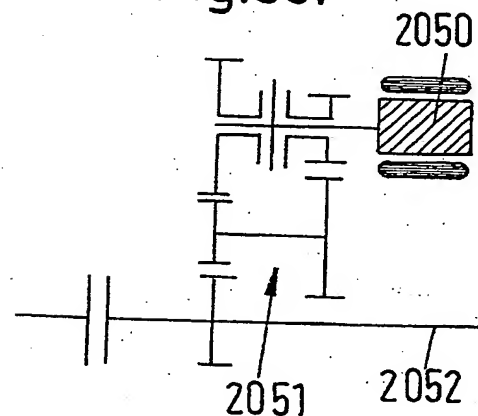


Fig.50f





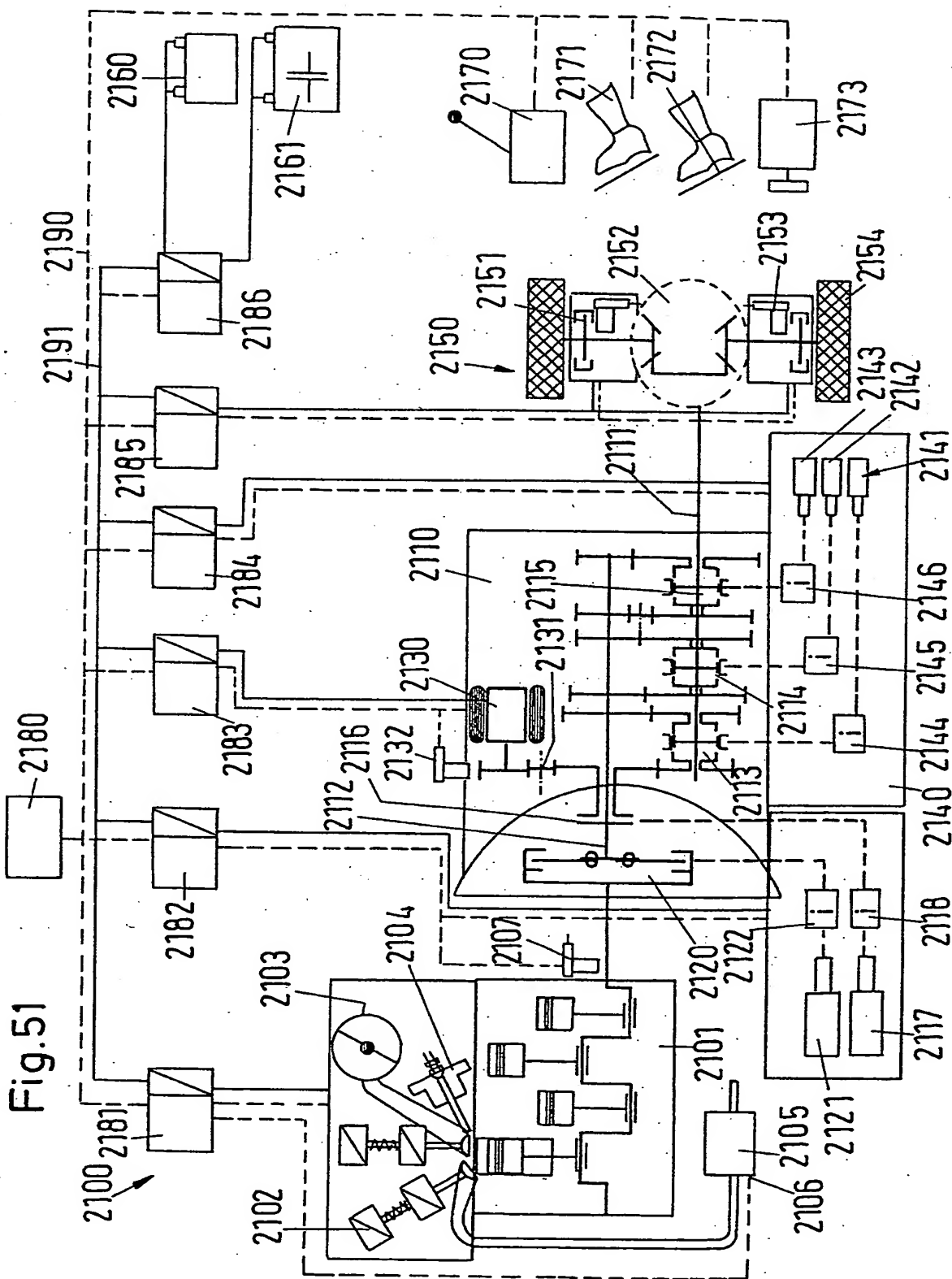
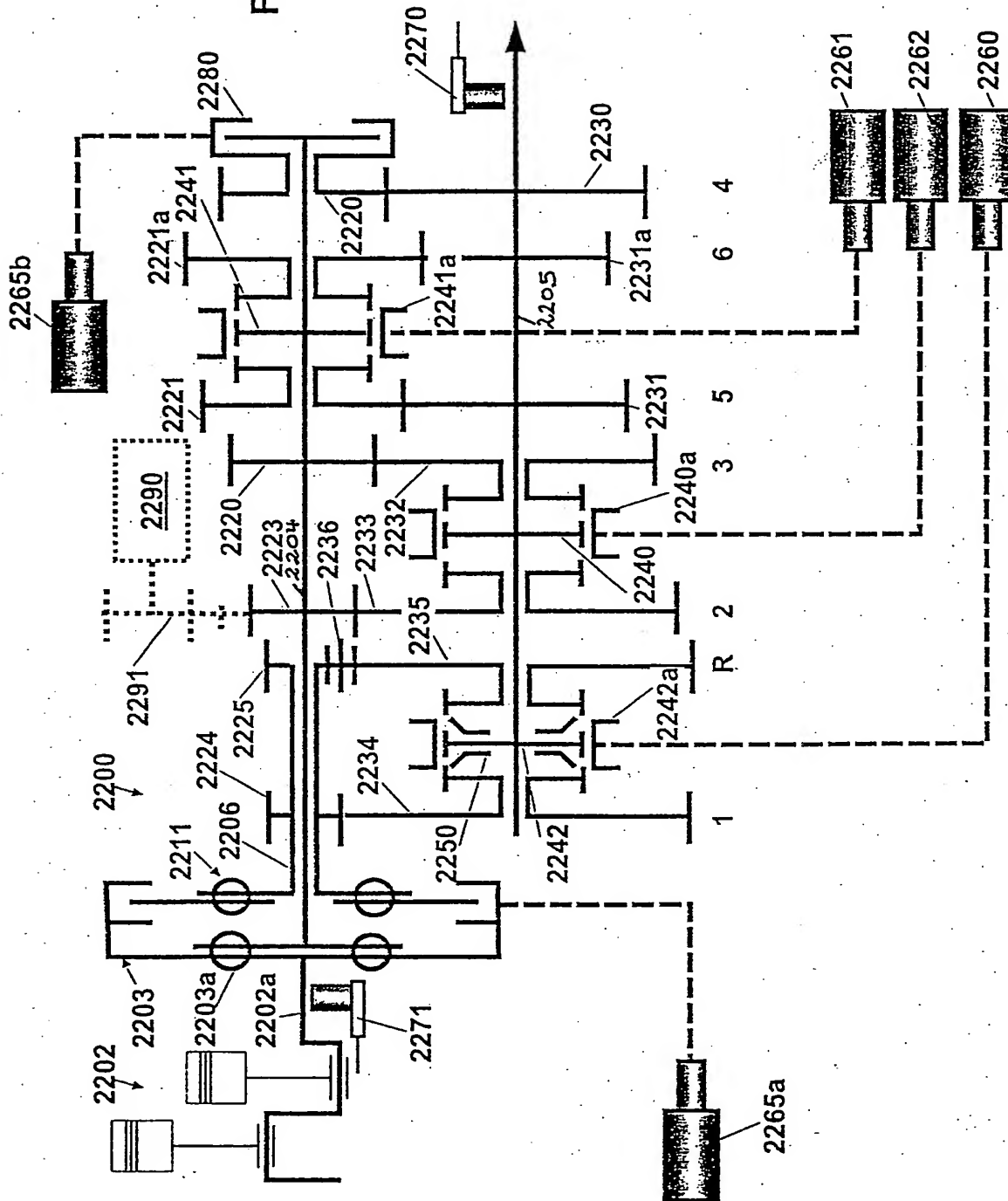
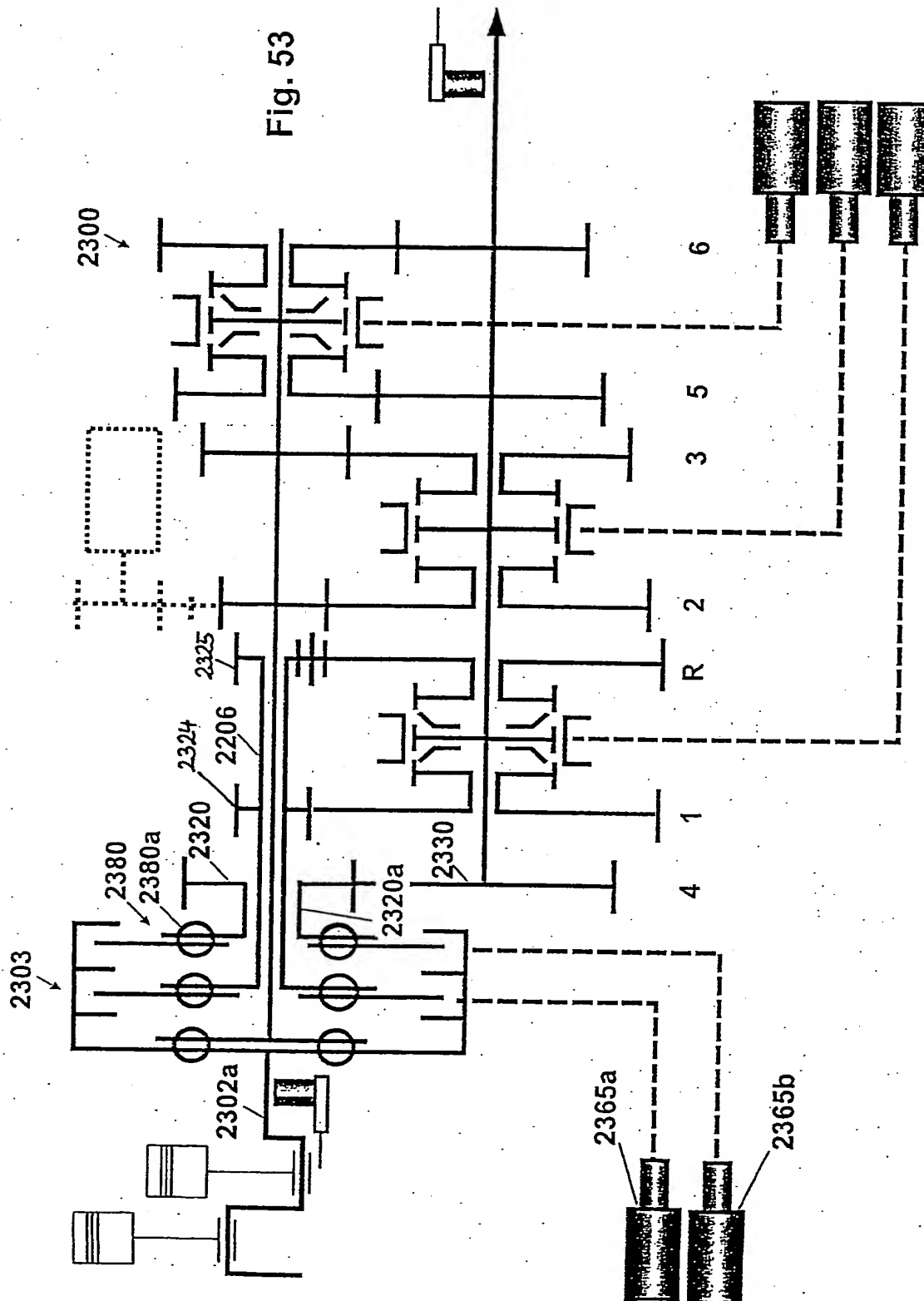
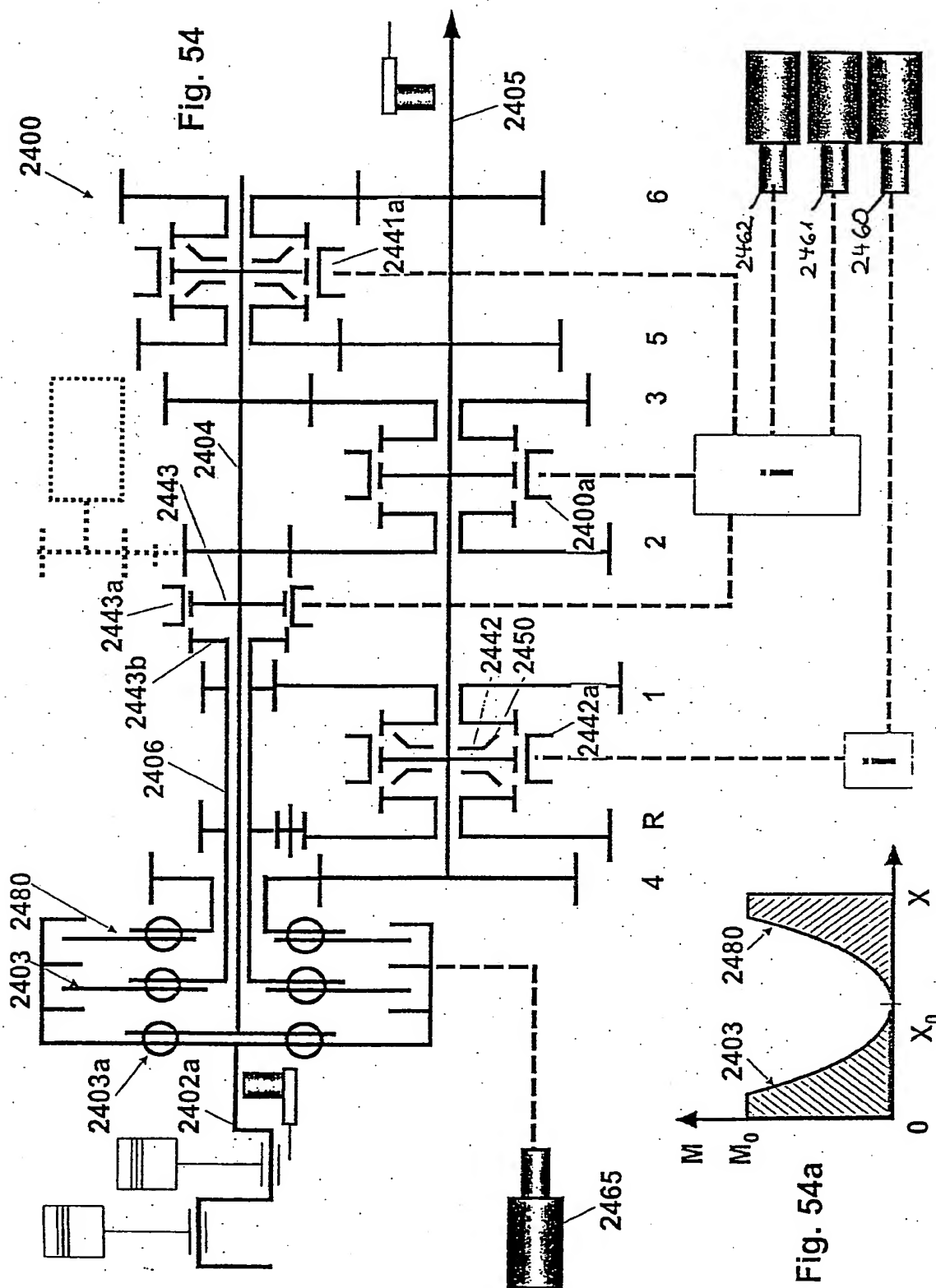
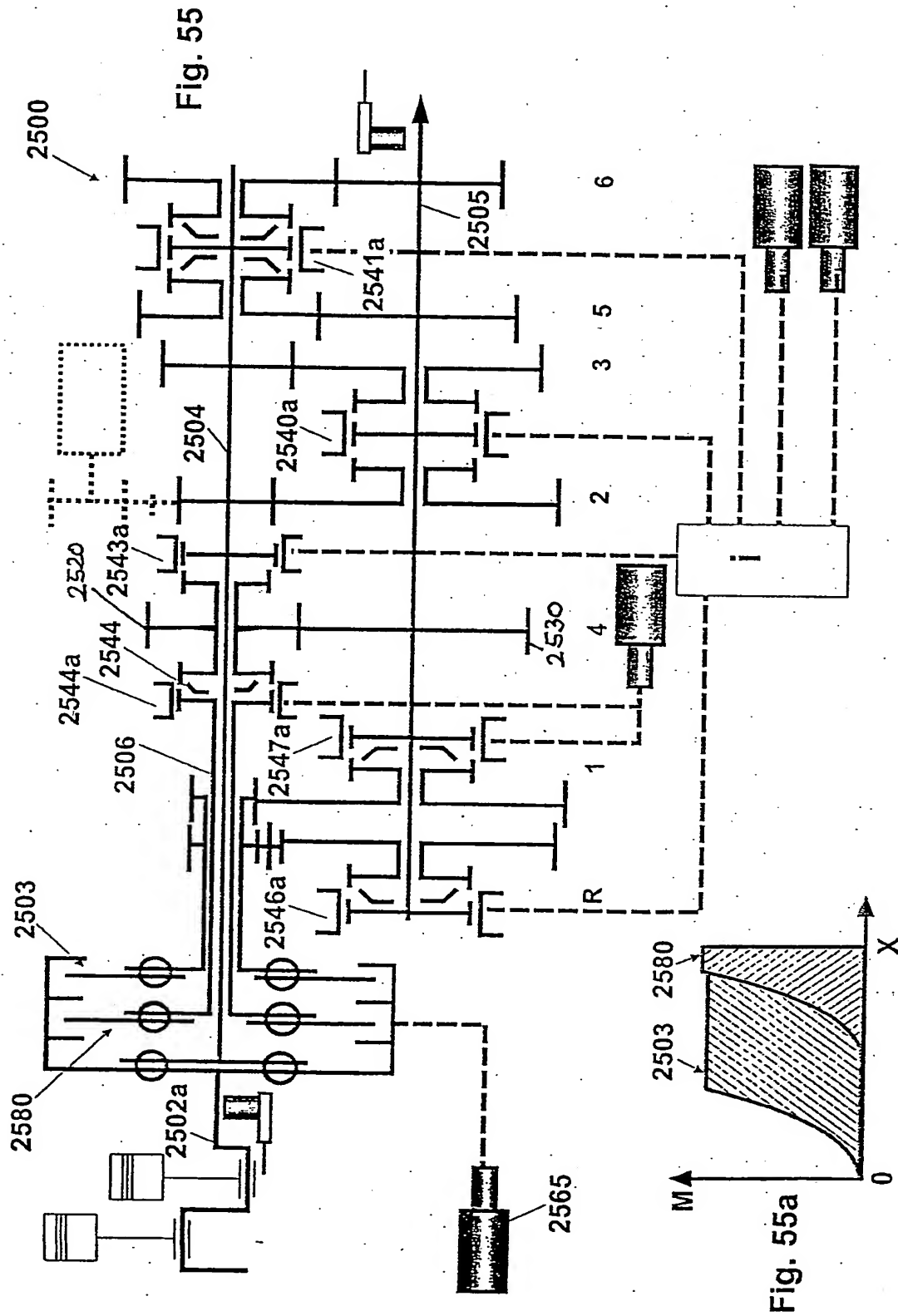


Fig. 52









**Fig. 56**

